This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

Usage guidelines

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

+ *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.
+ *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.
+ *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.
+ *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

About Google Book Search

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at `http://books.google.com/`

Über dieses Buch

Dies ist ein digitales Exemplar eines Buches, das seit Generationen in den Regalen der Bibliotheken aufbewahrt wurde, bevor es von Google im Rahmen eines Projekts, mit dem die Bücher dieser Welt online verfügbar gemacht werden sollen, sorgfältig gescannt wurde.

Das Buch hat das Urheberrecht überdauert und kann nun öffentlich zugänglich gemacht werden. Ein öffentlich zugängliches Buch ist ein Buch, das niemals Urheberrechten unterlag oder bei dem die Schutzfrist des Urheberrechts abgelaufen ist. Ob ein Buch öffentlich zugänglich ist, kann von Land zu Land unterschiedlich sein. Öffentlich zugängliche Bücher sind unser Tor zur Vergangenheit und stellen ein geschichtliches, kulturelles und wissenschaftliches Vermögen dar, das häufig nur schwierig zu entdecken ist.

Gebrauchsspuren, Anmerkungen und andere Randbemerkungen, die im Originalband enthalten sind, finden sich auch in dieser Datei – eine Erinnerung an die lange Reise, die das Buch vom Verleger zu einer Bibliothek und weiter zu Ihnen hinter sich gebracht hat.

Nutzungsrichtlinien

Google ist stolz, mit Bibliotheken in partnerschaftlicher Zusammenarbeit öffentlich zugängliches Material zu digitalisieren und einer breiten Masse zugänglich zu machen. Öffentlich zugängliche Bücher gehören der Öffentlichkeit, und wir sind nur ihre Hüter. Nichtsdestotrotz ist diese Arbeit kostspielig. Um diese Ressource weiterhin zur Verfügung stellen zu können, haben wir Schritte unternommen, um den Missbrauch durch kommerzielle Parteien zu verhindern. Dazu gehören technische Einschränkungen für automatisierte Abfragen.

Wir bitten Sie um Einhaltung folgender Richtlinien:

+ *Nutzung der Dateien zu nichtkommerziellen Zwecken* Wir haben Google Buchsuche für Endanwender konzipiert und möchten, dass Sie diese Dateien nur für persönliche, nichtkommerzielle Zwecke verwenden.

+ *Keine automatisierten Abfragen* Senden Sie keine automatisierten Abfragen irgendwelcher Art an das Google-System. Wenn Sie Recherchen über maschinelle Übersetzung, optische Zeichenerkennung oder andere Bereiche durchführen, in denen der Zugang zu Text in großen Mengen nützlich ist, wenden Sie sich bitte an uns. Wir fördern die Nutzung des öffentlich zugänglichen Materials für diese Zwecke und können Ihnen unter Umständen helfen.

+ *Beibehaltung von Google-Markenelementen* Das "Wasserzeichen" von Google, das Sie in jeder Datei finden, ist wichtig zur Information über dieses Projekt und hilft den Anwendern weiteres Material über Google Buchsuche zu finden. Bitte entfernen Sie das Wasserzeichen nicht.

+ *Bewegen Sie sich innerhalb der Legalität* Unabhängig von Ihrem Verwendungszweck müssen Sie sich Ihrer Verantwortung bewusst sein, sicherzustellen, dass Ihre Nutzung legal ist. Gehen Sie nicht davon aus, dass ein Buch, das nach unserem Dafürhalten für Nutzer in den USA öffentlich zugänglich ist, auch für Nutzer in anderen Ländern öffentlich zugänglich ist. Ob ein Buch noch dem Urheberrecht unterliegt, ist von Land zu Land verschieden. Wir können keine Beratung leisten, ob eine bestimmte Nutzung eines bestimmten Buches gesetzlich zulässig ist. Gehen Sie nicht davon aus, dass das Erscheinen eines Buchs in Google Buchsuche bedeutet, dass es in jeder Form und überall auf der Welt verwendet werden kann. Eine Urheberrechtsverletzung kann schwerwiegende Folgen haben.

Über Google Buchsuche

Das Ziel von Google besteht darin, die weltweiten Informationen zu organisieren und allgemein nutzbar und zugänglich zu machen. Google Buchsuche hilft Lesern dabei, die Bücher dieser Welt zu entdecken, und unterstützt Autoren und Verleger dabei, neue Zielgruppen zu erreichen. Den gesamten Buchtext können Sie im Internet unter `http://books.google.com` durchsuchen.

RESEARCH LIBRARIES
33 05775432 1

210.

UEBER

DOPPELSTERNE

NACH DEN

AUF DER DORPATER STERNWARTE

MIT FRAUNHOFERS GROSSEM FERNROHRE

VON 1824 BIS 1837

ANGESTELLTEN MICROMETERMESSUNGEN.

BERICHT

AN

SE. EXCELLENZ

DEN

HERRN MINISTER DES OEFFENTLICHEN UNTERRICHTS UND PRAESIDENTEN DER KAIS. ACADEMIE DER WISSENSCHAFTEN,

GEHEIMENRATH V. OUVAROFF,

MITGLIED DES REICHSRATHS, RITTER MEHRERER HOHEN ORDEN U. S. W. U. S. W.

VOM

AKADEMIKER F. G. W. STRUVE,

DIRECTOR DER DORPATER STERNWARTE.

ASTOR LIBRARY NEW-YORK

NEW YORK PUBLIC LIBRARY

ST.-PETERSBURG,

GEDRUCKT BEI DER KAIS. ACADEMIE DER WISSENSCHAFTEN

1837.

55a

Im Namen der Akademie gestattet den Druck

St.-Petersburg, d. 9 Febr. 1837.

der beständige Secretair

Staatsrath P. H. Fuss.

Hochgebietender Herr Minister und Präsident,
Gnädiger Herr!

Wenn auch keine erhebliche Erscheinung der wissenschaftlichen Literatur von Ew. Excellenz unbemerkt bleibt, so schenken Sie doch eine besondere Beachtung denjenigen Arbeiten, die von der Akademie der Wissenschaften und von den höheren Bildungsanstalten des Vaterlandes ausgehen, Arbeiten, zu denen Sie so vielfach aufgemuntert und angespornt haben, und ich darf es wagen Ihre Aufmerksamkeit auch für eine von mir vollendete astronomische Arbeit in Anspruch zu nehmen. Theilt sich das Gebiet der Wissenschaften in zwei Hauptfelder, deren eins die philologischen im weitesten Sinne, das andere die mathematischen und naturhistorischen Disciplinen umfasst: so weiss zwar Europa, dass Ihnen die Ersteren in so ferne näher stehen, als Sie selbst unter den Bearbeitern eine so

hohe Stelle einnehmen, aber die Geschichte der wissenschaftlichen Fortschreitung Russlands beweiset auf's bündigste, dass beide von Ihnen auf gleiche Weise gehegt und gefördert werden. Was zum Besten der Astronomie von unseres erhabenen Kaisers Gnade auf Ihre Fürsprache gewährt worden ist, das bezeugen Thatsachen, welche die Mitwelt freudig und staunend erkennt, weil sie Gleiches in der Geschichte der Wissenschaft nicht aufzufinden weiss. Der Astronomie blühet in Russland eine schöne Gegenwart, sie sieht einer schönern nahen Zukunft entgegen.

Aber diese Zukunft hängt nicht allein von dem ab, was höchste Huld so reichlich spendete, sondern auch davon, dass die gewährten Hülfsmittel auf eine würdige Weise in Anwendung gebracht werden. Unbedingt behaupte ich, es wird eine Aufgabe seyn, die der Besten Kräfte übersteigt, auf Pulkowa's Sternwarte Arbeiten zu liefern, welche in jeder Rücksicht den grossartigen Mitteln entsprechen, die dort zu Gebote stehn werden. Des Kaisers gnädiger Wille hat, auf Ew. Excellenz Vorstellung, mir die künftige Direction der neuen Sternwarte, die einen Mittelpunkt der astronomischen Thätigkeit in Russland abgeben soll, anvertraut. Zagend denke ich daran, dass ich nach kurzer Zeit die Dorpater Sternwarte und den, seit bald 25 Jahren, gewohnten Wirkungskreis an der Universität verlassen soll, um die neue Verpflichtung der Leitung der astro-

nomischen Arbeiten in Pulkowa zu übernehmen. Ich fühle die Schwäche eignen Vermögens und erkenne, dass es selbst den vereinigten Anstrengungen mehrerer unmöglich seyn wird, das Ziel zu erreichen, welches ihrem Geiste vorschweben muss. Ist dieser Gedanke auf einer Seite niederschlagend, so wird er von der andern aber auch wieder ermuthigen, und die Astronomen dazu anspornen, alles zu leisten, was in ihren Kräften steht. Aber auch Sie, hochverehrter Herr Minister, werden sich verwandter Besorgnisse nicht ganz überheben können. Gegen Ew. Excellenz habe ich daher eine heilige Verpflichtung, Ihnen zu beweisen, dass wenigstens mein Eifer ein reger ist, dass, in Bezug auf den Willen, Sie Ihr Vertrauen einem Manne zugewandt haben, der im Wirken für seine Wissenschaft des Lebens höchstes Ziel sieht. Wodurch kann ich aber Ihnen einen Beweis dieser meiner Gesinnung darlegen, wenn nicht dadurch, „dass ich Ihnen eine vollständigere Rechenschaft überreiche, als bisher thunlich war, von dem, was ich in der vergangenen Zeit zu arbeiten bemüht gewesen bin?

Es ist Ew. Excellenz bekannt, dass die Beobachtungen der Doppelsterne seit geraumer Zeit ein Hauptgegenstand der astronomischen Thätigkeit der Dorpater Sternwarte sind. Als Sie, vor bald vier Jahren, unsere Universität mit Ihrem Besuche beehrten, erfreute sich auch die Sternwarte Ihrer wohlwollenden Aufmerksam-

keit. An Fraunhofers herrlichem Fernrohre haben Sie eine Nacht beobachtet, d. h. nicht nur durch dasselbe merkwürdige Gegenstände des Himmels betrachtet, sondern sich genau in Kenntniss gesetzt, wie der Astronom misst. Die Doppelsterne erregten Ihre lebhafte Theilnahme. Ich hatte die Ehre, Ihnen die Methode zu zeigen, wie mit dem Micrometerapparate des Refractors Entfernungen und Richtungen ermittelt werden, und Sie verschmähten es nicht, ein Schüler des Astronomen zu werden und selbst Messungen des Doppelsterns *p* im Schlangenträger auszuführen. Sie veranlassten mich Tags darauf einen Vortrag über den Standpunkt der Astronomie in Bezug auf die Doppelsterne mit Berücksichtigung der eigenen Arbeiten zu halten. Nur mangelhaft konnte dieser, so wie ein späterer Vortrag seyn, da ich mich noch inmitten einer Arbeit befand, deren Ergebnisse ich nur zum Theil übersehen konnte. Jetzt aber, nachdem eine, mit Fraunhofers Refractor vor 12 Jahren begonnene und ununterbrochen fortgesetzte Beobachtungsreihe geschlossen und durchgearbeitet ist, glaube ich Vollständigeres und Gründlicheres darbieten zu können. Diese Beobachtungsreihe ist die Grundlage eines grösseren Werkes für dessen Herausgabe ich der Akademie der Wissenschaften auf's tiefste verpflichtet bin. Durch Ew. Excellenz Fürsprache ist mir aber das Glück gewährt, dieses Werk unserem erhabenen Kaiser und

Herrn weihen, und so eine Gabe auf den Altar der Dankbarkeit niederlegen zu dürfen.

Vergönnen Sie es mir nunmehr, hochgebietender Herr Minister, Ihnen einen Bericht abzustatten, nach welchem Sie den Inhalt dieses Werkes übersehen können, und Ihnen mit demselben eine Rechenschaft des bedeutenderen Theils meiner astronomischen Thätigkeit auf der Dorpater Sternwarte zu überreichen.

Ich erlaube mir, der Vollständigkeit wegen, hier einige allgemeine, wenn gleich bekannte Sätze voraus zu senden.

1) Die Fixsterne sind Himmelskörper, die mit eigenem Lichte leuchten, d. h. Sonnen. Unsere Sonne, in eine etwas über drei Millionen Mal grössere Entfernung gerückt, würde so hell gesehen werden wie der Stern erster Grösse *Arcturus*. Die verschiedene Helligkeit, in der uns die Fixsterne erscheinen, hängt nun zwar auch von ihrer Grösse und leuchtenden Kraft ab, wird aber offenbar vorzugsweise durch die verschiedene Entfernung bedingt, in der sie sich von der Erde oder dem Sonnensystem befinden. Im Allgemeinen sind die helleren Sterne die uns näheren, und die schwächsten diejenigen, deren Entfernung von uns am grössten ist. Die Eintheilung der Fixsterne nach Ordnungen der Helligkeit ist bekannt. Sterne sechster Grösse werden noch mit dem unbewaffneten Auge gesehen. Sterne der zwölften

sind die schwächsten, welche ein mächtiges Fernrohr auf dem Himmelsgrunde entdecken lässt.

2) Schon das unbewaffnete Auge sieht an mehreren Stellen des Himmels einige Fixsterne so nahe an einander, dass es die einzelnen nur mit Mühe oder gar nicht erkennt. In der Nähe des hellsten Sterns der Leier sieht ein scharfes Auge einen Stern länglichter Form, in welchem es eine Vereinigung zweier Sterne ahndet. Diese Ahndung wird durch ein jedes kleine Fernrohr bestätigt, welches zwei Sterne ε und 5 der Leier erkennen lässt, die 3′ 27″ von einander abstehen. Wir können dieses Sternenpaar einen Doppelstern nennen. Gewöhnlich wird aber mit diesem Namen ein solcher Stern bezeichnet, von dem das unbewaffnete Auge denselben Eindruck empfängt, wie von jedem andern Stern, und welcher, erst durch bedeutende Fernröhre, sich als aus zwei Sternen zusammengesetzt darstellt. In diesem Sinne ist jeder der beiden genannten Sterne ε und 5 der Leier ein Doppelstern, weil in jedem zwei Sterne so nahe vereinigt sind, dass ihr Abstand nur ohngefähr 3″ beträgt, oder den 70sten Theil der Entfernung zwischen beiden Paaren.

3) Doppelsterne im engeren Sinne werden diejenigen genannt, in denen der scheinbare Abstand von einander 32″ übersteigt. Hieraus ergiebt sich sogleich, was unter dreifachen und vielfachen Sternen im en-

geren Sinne zu verstehen ist. Denken wir uns um einen Stern mit dem scheinbaren Halbmesser von 32″ einen Kreis am Himmelsgewölbe beschrieben; befinden sich nun innerhalb dieses Kreises noch zwei andere Sterne, so haben wir einen dreifachen Stern. Der hellere Stern eines solchen Sternsystems wird der Hauptstern, der schwächere der Begleiter genannt.

4) Der Ursprung der Doppelsterne kann ein zweifacher sein. Bei der grossen Zahl von Sternen, die auf dem Himmelsgrunde gesehen werden, wird es sich treffen, dass zwei Sterne, die sich in vielleicht sehr ungleicher Entfernung von der Erde befinden, nahezu dennoch in einerlei Richtung erscheinen. Sie bilden zufällig einen Doppelstern. Doppelsterne dieses Ursprungs nennen wir optische Doppelsterne; sie sind häufig aus einem helleren und einem weit schwächeren zusammengesetzt. Der helle Stern α in der Leier, erster Grösse, und sein 43″ abstehender, nur mit guten Fernröhren erkennbarer, Begleiter sind ein Beispiel dieser Art.

5) Wenn dagegen zwei Sonnen nicht nur in gleicher Richtung, sondern auch in nahezu gleicher Entfernung von der Erde sich befinden, so müssen wir annehmen, dass ihr Zusammensein ein nicht blos scheinbares ist; dass, wenn die Gesetze der Anziehung auch für sie gelten, sie bei dieser gegenseitigen

Nähe nicht ohne Einwirkung auf einander sind; dass sie ein System bilden, in welchem eine Wechselwirkung statt findet, die derjenigen analog ist, welche zwischen unserer Sonne und jedem Planeten obwaltet; dass ähnliche Bewegungen, wie zwischen diesen, dort zwischen zweien, oder auch mehreren Sonnen um ihren gemeinschaftlichen Schwerpunkt sich zeigen werden. Wir nennen diese Doppelsterne mit Recht physische Doppelsterne.

6) Die astronomische Wichtigkeit der Doppelsterne beiderlei Art leuchtet bald ein. In einem optischen Doppelsterne muss sich die scheinbare Stellung der beiden Sterne gegen einander ändern, so wie die Erde, bei ihrer Bewegung um die Sonne, einen anderen Standpunkt im Weltraum einnimmt, und zwar desto merklicher, je näher der eine, je entfernter der andere ist. Wir haben daher in den Stellungsveränderungen der optischen Doppelsterne ein Hülfsmittel, und zwar das geeignetste, um die Parallaxe des nähern Sterns, d. h. um die Entfernung desselben vom Sonnensystem zu erforschen. Schon *Gallilei* machte hierauf aufmerksam; *Herschel* der ältere erneuerte den Vorschlag, die Doppelsterne zur Bestimmung der Entfernung der Fixsterne anzuwenden; bisher aber ist er noch nicht mit Erfolg in Ausfüh-

7) Von noch höherer Bedeutsamkeit sind aber die physischen Doppelsterne. Sind zwei Sonnen durch Anziehung verbunden, so müssen Bewegungen in geschlossenen krummen Linien da sein. Die frühere Astronomie kannte solche Bewegungen nur im Sonnensystem. Die Doppelsterne zeigen sie uns in der unermesslichen Ferne der Fixsterne. Beobachten wir diese Bewegungen, so müssen ihre Gesetze uns kund werden. Wenn *Newton*'s Gravitationsgesetze die erhabenste Entdeckung sind, die der menschliche Verstand im Laufe von Jahrtausenden gemacht hat, so sind wir jetzt nahe daran bestimmen zu können, ob diese Gesetze nur dem Sonnensystem, oder dem Weltall gehören, und die Astronomie erwartet eine neue Epoche, die sich dadurch kund geben wird, dass die Mechanik des Himmels nicht auf die Erscheinungen im Sonnensystem beschränkt, sondern zur Untersuchung der Bewegungen in der Fixsternwelt angewandt werden wird.

Hierauf lässt sich nun angeben, was in Bezug auf Doppelsterne von Seiten der beobachtenden Astronomie zu leisten ist, welche Data sie zu liefern hat.

Zuerst muss nachgesucht werden, welche Doppelsterne an der Himmelskugel es giebt. Eine vollständige Erschöpfung des Materials ist aber unmöglich, weil dasselbe unendlich ist; es muss daher innerhalb bestimmter Grenzen bearbeitet werden. Ein stärkeres Fernrohr wird

sowohl mehr optische Doppelsterne erkennen lassen, denn ein schwächeres, als auch mehr physische zeigen, weil es nähere Sterne zu trennen vermag. Man wird daher die Aufsuchung der Doppelsterne in dreifacher Rücksicht begrenzen müssen; erstlich, in Bezug auf die Hauptsterne, so dass kleinere Sterne als von einer bestimmten Ordnung nicht untersucht werden; zweitens, in Bezug auf die Grösse der Begleiter, so dass man festsetzt, welche Begleiter noch beachtet werden sollen; drittens, in Bezug auf die scheinbare Entfernung zwischen den Sternen. Bei, unter sich scheinbar näheren Sternen müssen schwächere Begleiter, bei grösseren Entfernungen, nur hellere beachtet werden. Vorzüglich wichtig ist es, die engsten Doppelsterne durch Anwendung der kräftigsten Vergrösserung zu erkennen, weil in diesen, der Erfahrung und der Theorie nach, die merkwürdigsten Bewegungen vorgehen. Hiermit sind die Bedingungen einer vorläufigen Katalogisirung ausgesprochen, die solche Data der Beschreibung und über die Oerter der Doppelsterne darbieten muss, dass jeder aufgefunden und als der beschriebene erkannt werden kann.

Zweitens müssen die genauen Oerter aller Hauptsterne der katalogisirten Doppelsterne durch Beobachtungen an den Meridianinstrumenten ermittelt werden, um eine Grundlage zu geben, nach welcher in der Zukunft die eigenthümliche fortschreitende Bewegung eines jeden an der Himmelskugel bestimmt werden könne, sei es nun,

dass dieselbe nur dem Hauptstern, oder diesem und dem Begleiter zukomme.

Drittens sind an den optischen Doppelsternen, wenn es gelingt solche mit Sicherheit herauszuerkennen, Beobachtungen über die Parallaxe anzustellen, d. h. es muss die gegenseitige Stellung derselben mit höchster Genauigkeit, wenigstens während der Periode eines Jahres, so oft als möglich untersucht werden.

An allen gefundenen Doppelsternen, unter denen gewiss eine bedeutende Zahl physischer sein wird, sind viertens solche Beobachtungen zu machen, dass zunächst für eine Epoche die scheinbare Entfernung und Richtung des Begleiters in Bezug auf den Hauptstern mit Genauigkeit bestimmt sei. Eine Vergleichung dieser Stellung mit späteren Beobachtungen wird die relativen Bewegungen der Sterne erkennen lassen, oft vielleicht erst nach Jahrhunderten. Bei manchen Sternen erfolgt aber die Aenderung der Stellung so rasch, dass sie nach Zwischenzeiten von wenig Monaten erkannt werden kann. Es ist daher die Messung aller Doppelsterne eines Katalogs nach nicht gar langer Zwischenzeit vollständig zu wiederholen, und die Messung derjenigen, in welchen sich raschere Bewegungen zeigen, wenigstens alljährig zu erneuern.

Endlich sind fünftens Beobachtungen über den Glanz oder die Helligkeit und über die Farben der Sterne anzustellen. Erstere werden vielleicht zur Erkennung

eines periodischen Lichtwechsels führen, wie derselbe bei mehrern einfachen Fixsternen bekannt ist; letztere werden vorzüglich zur vollständigern Beantwortung der Frage dienen, in wie weit diese Farben nur im Urtheil des Beobachters begründet sind, oder den Sternen eigenthümlich angehören.

Als ich, bei meiner Anstellung als Astronom an der Dorpater Sternwarte im Jahre 1813, die vorhandenen Instrumente untersuchte, fanden sich zwei, mit denen ich mir Hoffnung machen konnte der Wissenschaft nützliche Arbeiten zu liefern, ein achtfüssiges Durchgangsinstrument von *Dollond*, mit einem Objectiv von 4½ engl. Zoll Oeffnung, und ein fünffüssiges bewegliches Fernrohr von *Troughton*, mit 3½ zolligem Objective. Mein erstes Geschäft war, das grössere Instrument im Meridiane aufzustellen. Bei der Beobachtung einiger kulminirenden Doppelsterne war ich überrascht ihre Begleiter zu erkennen, ohngeachtet die Sterne, nach *Herschel*'s Angabe, zu den schwierigeren gehörten. So erkannte ich die Güte des Fernrohrs und ward in meinem schon früher gefassten Plane, die Doppelsterne zu verfolgen, bestärkt. So viel ich wusste, beschäftigte sich damals kein Astronom mit diesen Sternen; und ich konnte hoffen, dass eine Vergleichung eigner neuerer Beobachtungen, mit denen, die Sir *W. Herschel* um die Jahre 1780 und 1800 herum angestellt hatte, zu wichtigen Ergebnissen führen würde. Freilich waren meine Hülfsmittel nur unvollkommen.

Das Durchgangsinstrument konnte für die absolute Ortsbestimmung nur einseitige Werthe der geraden Aufsteigungen geben. Für die relative Stellung bot es nur Unterschiede der Aufsteigung dar, und Schätzungen über die Richtungen. Das bewegliche Fernrohr wurde von mir mit einem Mikrometer versehen, durch welches ich nur Richtungen erhalten konnte. Es mangelte ihm ein Apparat zur Messung der scheinbaren Entfernungen. Indess gewährten beide Instrumente zusammengenommen doch für eine gewisse Art der Doppelsterne vollständige Relationen. Aber ein grosses Hinderniss war, dass das bewegliche Fernrohr einer parallactischen Aufstellung ermangelte, und also zur Aufsuchung der Sterne und zur Ausführung der Richtungsmessungen eine unverhältnissmässige Zeit verwandt werden musste. Dennoch gaben diese Instrumente bald einige wichtige Resultate. Schon im Jahre 1814 bemerkte ich den Fortgang der von Sir *W. Herschel* angezeigten Bewegungen der Begleiter des *Castor*'s und von η in der *Cassiopeia;* und zwischen 1818 und 1820 erkannte ich den, seit 1780, fast vollendeten Umlauf von p im Schlangenträger und ξ im grossen Bären, so wie andere Ergebnisse, welche im zweiten Bande der Dorpater Beobachtungen niedergelegt sind. Ausserdem aber hatten diese Arbeiten mich mit dem Gegenstande vertraut gemacht und mich vorbereitet, die spätern vollkommneren Hülfsmittel zweckmässig in Anwendung zu bringen. Im Jahre 1821 ward das *Troughton-*

sche Fernrohr mit einem vortrefflichen Fadenmikrometer von *Fraunhofer* versehen, wodurch jetzt genaue Messungen der Distanzen möglich wurden. Im Jahre 1822 kam der Meridiankreis von *Reichenbach*, und nun liessen sich vollständige Ortsbestimmungen der Gestirne durch Meridianbeobachtungen in der Vollkommenheit ausführen, wie die jetzige Astronomie sie heischt. Endlich kam im Jahre 1824 *Fraunhofer*'s Meisterwerk, der grosse Refractor, nach Dorpat, und somit war die Sternwarte auf eine Weise ausgerüstet, dass sie keiner nachstand, ja dass sie durch den Refractor, in Bezug auf die Arbeiten über Doppelsterne, allen andern Sternwarten überlegen war. Jetzt konnte und musste ein umfassenderer gründlicher Plan für diese Arbeiten entworfen werden.

Ich werde jetzt die auf der Dorpater Sternwarte in Bezug auf die Doppelsterne ausgeführten Arbeiten nach der oben angegebenen Uebersicht der zu machenden durchgehen, wobei ich frühere und gleichzeitige Arbeiten anderer Astronomen, deren hohes Verdienst ich vollkommen anerkenne, nur bei eigenen Veranlassungen erwähnen werde, um die Grenzen dieses Berichts nicht zu überschreiten.

Katalogisirung der Doppelsterne. Schon im Jahre 1820 entwarf ich einen Katalog aller bis dahin bekannten Doppelsterne. Für eine bedeutende Zahl *Herschel*'scher Sterne gab dieser Katalog zum erstenmale die

genäherten Oerter nach Aufsteigungen und Abweichungen. Viele Sterne, von *Lalande* und andern, auch von mir selbst, als doppelte entdeckt, waren zu den *Herschel*'schen hinzugekommen. Der Katalog enthält 795 Doppelsterne aller Art, von denen gegen 500. Doppelsterne im engern Sinne sind. Nach Ankunft des grossen Refractors unternahm ich es, die allgemeine Kenntniss der Doppelsterne zu erweitern und fing eine Durchmusterung aller Sterne bis jenseits der achten Grösse an, die sich vom Nordpol bis auf den 15ten Grad der südlichen Abweichung, also auf gegen zwei Drittel der ganzen Himmelskugel erstreckte. Die in Dorpat unsichtbare Umgegend des Südpols, und eine Zone von 16° Breite, die sich nur am Horizonte zeigt, bearbeitet jetzt Sir *John Herschel* am Vorgebirge der guten Hoffnung. Mit Hülfe des Suchers wurden die Sterne bis zur achten Grösse ins Feld des Refractors gebracht, und so, nach und nach, in einem Zeitraume von 2½ Jahren, ungefähr 120000 Sterne einzeln gemustert, unter denen sich 3112 doppelte im engeren Sinne fanden. Von diesen waren nur 340 in den *Herschel*'schen Verzeichnissen und überhaupt 447 in meinem früheren Kataloge. Der im Jahre 1827 herausgegebene neue Katalog enthält die genäherten Oerter der 3112 Doppelsterne an der Himmelskugel und eine, auf Schätzung beruhende Beschreibung und Klassification derselben. In der Einleitung des Katalogs wagte ich einige allgemeine Folgerungen aufzustellen.

Ortsbestimmung der Doppelsterne nach gerader Aufsteigung und Abweichung. Die Ortsbestimmung der Doppelsterne mit dem Meridiankreise begann 1822. Ich setzte sie bis 1826 fort, dann übernahm sie Herr Observator *Preuss*. Soll jeder der 3000 Doppelsterne vier Mal bestimmt werden, zwei Mal in jeglicher Lage des Kreises, so sind 12000 Meridianbeobachtungen erforderlich. Von diesen sind bis heute über 10000 gemacht, und so ist das Ziel dieser Arbeit nahe, in Bezug auf das Material, welches die Beobachtung zu liefern hat. Aber mehrjährige Berechnungen werden erforderlich sein, um aus den Beobachtungen erst die scheinbaren, und aus diesen, die mittleren Oerter der Sterne, für eine bestimmte Epoche abzuleiten. Erst, nachdem diese vollendet sind, wird auf die Mikrometermessungen, die jetzt erscheinen, ein zweites Werk folgen, welches die genauen absoluten Positionen der Hauptsterne aller meiner Sternenpaare enthalten soll.

Mikrometermessung der Doppelsterne. An eine getrennte Behandlung der optischen und der physischen Doppelsterne konnte nicht gedacht werden, da die Sonderung dieser beiden Klassen erst durch die Messungen selbst weiter geführt werden musste. Gleichartig bearbeitete ich daher alle Doppelsterne, um für jeden einzelnen die gegenseitige Stellung, durch Entfernung und Richtung, für eine oder für mehrere Epochen zu ermitteln. Diese Beobachtungen sind das eigentliche Material des Werkes, über

welches ich hier berichte, und umfassen einen Zeitraum von mehr als 23 Jahren, von welchen, während 11 Jahre mit den kleineren unvollkommneren Instrumenten, während 12 Jahre mit dem *Fraunhofer*'schen Fernrohr gearbeitet ist.

In der ersten Periode sind mit den Meridianinstrumenten 2800 Unterschiede der geraden Aufsteigungen, und mit dem beweglichen Fernrohre 694 Richtungen und 306 Entfernungen der Doppelsterne gemessen. Diese Messungen sind in den sechs ersten Bänden der Dorpater Beobachtungen zerstreut. Zu mittleren Resultaten habe ich sie jetzt zusammengestellt, und so dem neuen Werke in einem eignen Anhange beigefügt, welcher die gegenseitigen Stellungen von 405 Doppelsternen nach diesem Material enthält. Wenn nun gleich die späteren, weit vollkommneren Messungen sich wieder mit denselben Sternen beschäftigten, und genauere Bestimmungen gaben, so bleibt doch dieser Arbeit ihr eigenthümlicher Werth, da sie, einer früheren Epoche angehörig, durch Vergleichung mit den neuesten Messungen, zur Erkennung von Veränderungen führen muss.

Als ich im Jahre 1827 den neuen Katalog vollendete, hatte ich mich schon während drei Jahre mit der Ausmessung der früher bekannten und einiger neu entdeckten Doppelsterne beschäftigt. Jetzt lag die grosse Unternehmung vor mir, diese Messungen auf alle Sterne meines Katalogs auszudehnen. Ich hielt es für nothwendig, durch eine etwas engere Begrenzung des Katalogs, diese Arbeit zu fördern,

um den wichtigeren Gegenständen mehr Sorgfalt widmen zu können. Daher wurden 492 Sterne von der Messung ausgeschlossen, und es blieben 2620 übrig. Aber einige andere Sterne kamen wieder hinzu, erstlich, 22 neu entdeckte Doppelsterne, dann 55 helle Doppelsterne in weitern Sinne, von 32″ bis 7′ Entfernung, und 13 Sterne, die dadurch merkwürdig sind, dass der Hauptstern eine bedeutende eigne Bewegung hat. So sind also 2710 Doppelsterne der Gegenstand meiner Messungen gewesen. Wollte ich jeden auch nur an 3 verschiedenen Tagen beobachten, so waren schon über 8000 Mikrometermessungen erforderlich. Aber vieler Sterne Beobachtungen mussten fast alljährlich wiederholt werden. Der Stern β im Schlangenträger ist 54 Mal, ξ im grossen Bären 38 Mal und γ in der Jungfrau 46 Mal gemessen worden, und die Zahl aller Messungen ist so, bis zum Anfange des Jahres 1837, auf 11050 gestiegen. Bei dieser Zählung wird als zu einer einzigen Messung gehörig angesehen, alles was an demselben Tage über einen bestimmten Stern in Bezug auf Entfernung, Richtung und Eigenthümlichkeit, wenn auch mehrfach wiederholt, beobachtet wurde. Um diese Messungen zu vollenden, habe ich 12 Jahre gebraucht. Da manche andere Arbeiten einen Theil meiner Thätigkeit für sich in Anspruch nahmen, so musste ich alle Kräfte aufbieten, um in dieser Zeit nur fertig zu werden. Wir haben etwa 120 Beobachtungsnächte jedes Jahr, von denen aber nur 80 für Mikrometermessungen

mit starken Vergrösserungen sich eignen. Hochgerechnet, gewährt eine Nacht, die günstigen Tagesstunden mitgenommen, im Mittel etwa die Messung von 25 Sternen, und so lassen sich in einem Jahre ohngefähr 2000 Messungen zusammen bringen. Wirklich habe ich im Jahre 1831 nicht weniger als 2169 Messungen gemacht. Aber die ersten Jahre gaben der zeitraubenden Musterung und der von mir ausgeführten Gradmessung wegen, nur geringe Ausbeute. In den letzten Jahren ward die Zahl der Messungen immer kleiner, weil nur einzelne, gewöhnlich sehr schwierige Gegenstände, die ein Zusammentreffen der günstigsten Umstände forderten, für die Bearbeitung übrig blieben.

Auf die vollendete Arbeit sehe ich aber jetzt mit freudiger Befriedigung zurück, dankbar gegen des Allmächtigen Vorsehung, die mir des Körpers und des Geistes Kraft dazu geschenkt, und des Auges ungeschwächte Schärfe erhalten hat.

Wollte ich die mit dem grossen Fernrohr ausgeführten Mikrometermessungen, in ihrer ursprünglichen Form, durch den Druck bekannt machen, so würde das Werk einen mehr als vierfachen Umfang erhalten. Ich zog daher, ohne die Genauigkeit der Angaben zu beeinträchtigen, die Messung eines Sterns für jeden Tag in eine halbe Zeile zusammen, und so liess sich der Text des Werkes auf 80 Bogen zusammendrängen. Schon Sir *W. Herschel* hat die Doppelsterne innerhalb 32″ der

Distanz in vier Klassen getheilt. Die Reichhaltigkeit des Materials veranlasste mich acht Ordnungen einzuführen, deren erste diejenigen Sterne enthält, in welchen die Entfernung nur einen Bruch der Secunde beträgt, während die letzte die Sterne von 24″ bis 32″ Abstand umfasst. Nach diesen Ordnungen sind die Sterne zusammengestellt in der Folge, wie sie durch den Meridian gehen, aber in zwei Unterabtheilungen. Die erste Abtheilung jeder Ordnung enthält die hellen Doppelsterne, in welchen der Begleiter nicht kleiner, als von der achten Grösse ist; die zweite Abtheilung die übrigen. Diese Eintheilung in Ordnungen und Unterordnungen gewährte den Vortheil, dass Gleichartiges zusammengestellt wurde; ein wesentliches Verfahren, wenn man in die Gesetze der Erscheinungen eindringen will. Der Text des Werkes enthält also in seinem ersten Hauptstücke funfzehn Abtheilungen der acht Ordnungen, in einer sechzehnten die sehr kleinen Doppelsterne, in einer siebenzehnten diejenigen helleren Sterne, die zwar im Kataloge vorkommen, aber doch bei genauerer Messung als etwas über 32″ von einander abstehend, erkannt wurden, und acht Supplemente. Das zweite Hauptstück des Textes liefert drei Anhänge. Zwei derselben geben die Mikrometermessungen der Sterne von 32″ bis 7′ Distanz, ein dritter eine wiederholte Messung der merkwürdigsten Doppelsterne, an denen grösstentheils Veränderungen, entweder schon früher, oder während meiner Bearbeitung erkannt

waren. Das dritte Hauptstück giebt die Uebersicht der Messungen, die von 1814 bis 1824 mit den kleineren Instrumenten ausgeführt sind; und das vierte endlich, die zur Auffindung der Messungen eines jeden Sternes erforderlichen *Indices*.

Dem Texte geht auf vierzig Bogen, eine funfzehn Kapitel umfassende Einleitung voraus. In derselben wollte ich zuerst diejenigen Erfahrungen niederlegen, welche ich, durch eine zwölfjährige Anwendung, über den Gebrauch des Instruments gesammelt hatte, so wie die Methoden, nach denen ich beobachtete. Ich glaubte hierdurch der Wissenschaft einen Dienst zu erweisen, weil eine Zeit gekommen ist, in der schon jetzt, oder bald, auf mehreren Sternwarten, mit ähnlichen mächtigen Fernröhren gearbeitet werden kann.

Zweitens aber hielt ich es für nothwendig, die Genauigkeit der von mir gegebenen Messungen einer strengen Prüfung zu unterwerfen. Wenn keine, auf immer gleiche Weise nachtheilig wirkenden Fehlerquellen vorhanden sind, so lässt sich aus der Uebereinstimmung wiederholter Messungen, deren Genauigkeit beurtheilen. Ich habe die Mühe nicht gescheut, gegen 10000 Entfernungen und eben so viel Richtungen, also im Ganzen gegen 20000 Werthe mit den verschiedenen Mitteln zu vergleichen, und auf diese Weise den wahrscheinlichen Fehler einer einzelnen Distanz oder Richtung und der Mittel aus mehreren Messungen für alle Abtheilungen

gefunden. Für's Mittel aus drei Messungen, ist bei den hellen nahen Doppelsternen der wahrscheinliche Fehler einer Distanz ohngefähr $\frac{3}{100}$ der Secunde, der Richtung nur $\frac{1}{100}$ bis $\frac{2}{100}$. Bei den entferntesten Doppelsternen ist derselbe in beiden Beziehungen nahezu gleich und etwa $\frac{3}{100}$ der Secunde. Mit zunehmender Schwäche des Begleiters wachsen die wahrscheinlichen Fehler, erreichen aber doch selten $\frac{1}{10}$ Secunde und steigen nur in sehr wenig Fällen, wenn die Begleiter mit Mühe erkannt werden, bis auf $\frac{2}{10}$. Die hohe Genauigkeit der Messungen unter günstigen Umständen, ist eine Folge der mechanischen Vollendung des Mikrometers, die nichts zu wünschen übrig lässt, und der durch ein Uhrwerk dem Fernrohr gegebenen Bewegung, wodurch es ohne Zuthun des Beobachters den Sternen folgt. Der Astronom beobachtet, als wenn die Sterne stille ständen, und kann nun durch Anwendung der stärksten Vergrösserungen von der optischen Kraft des Fernrohrs den ganzen Vortheil ziehen. Versuche haben mich gelehrt, dass bei einer fast tausendfachen Vergrösserung der hundertste Theil einer Secunde noch eine sichtbare Grösse ist. Dass die Messungen nur höchst selten bis auf diese Grenze genau sind, ist vorzüglich der störenden Einwirkung der Luft zuzuschreiben, welche immer grösser wird, je näher der Stern zum Horizonte steht, und überhaupt den Gebrauch der stärksten Vergrösserungen beschränkt. Wie manche helle Nacht bleibt nicht für die Messung ganz unbenutzt,

wenn die Zerstreuung der Lichtstrahlen in der Atmosphäre uns, statt feiner Punkte oder scharf begrenzter kleiner Scheiben, in den Sternen zerflossene nebelartige Massen zeigt. Ich hatte es mir daher zur Regel gemacht, nur dann zu messen, wann eine ohngefähr dreihundertfache Vergrösserung noch mit Erfolg angewandt werden konnte. Mit dieser wurden die leichteren Doppelsterne beobachtet; mit immer steigender Vergrösserung bis nahe an eine tausendfache, die schwierigeren.

Es war aber nun noch der wichtigere und schwerere Theil der Untersuchung der Genauigkeit meiner Messungen übrig, ob sie nämlich nicht noch constanten Fehlern unterworfen sind. Die Uebereinstimmung der, seit 15 Jahren von verschiedenen Astronomen des Festlandes und Englands gemessenen Richtungen der Doppelsterne sprach deutlich aus, dass bei diesen Richtungen keine Fehlerquelle der Art von irgend einer Erheblichkeit vorhanden ist. Die Einfachheit der Messungsart liess dies erwarten. Anders zeigte es sich aber in Bezug auf die Abstände. Die Messung des scheinbaren Abstandes zwischen zwei Sternen mit dem Fadenmikrometer ist der Art, dass theils unter gewissen Umständen eine optische Störung möglich ist, theils das Urtheil gefährdet wird, weil die Operation keine einfache ist. Wir besitzen von früheren mit dem Filarmikrometer angestellten Messungen sechs Reihen: die meinige mit dem kleineren Fernrohre ausgeführte, vier Reihen von Sir *J. Herschel* und

Sir *J. South* und eine von *Dawes*. Vergleichen wir die in diesen Reihen oft gleichzeitig, oder nach kurzen Zeiträumen gegebenen Abstände derselben Sterne, so finden sich erhebliche Unterschiede. Noch grösser sind die Unterschiede, wenn wir diese Messungen mit den Ergebnissen des *Fraunhofer*'schen Refractors zusammenstellen, dessen Entfernungen im Mittel kleiner als alle früheren sind. Ich habe nun zuerst die mittleren Unterschiede dieser Reihen, so wie der, aus den Messungen am *Dollond*'schen Mittagsrohr in Dorpat erhaltenen Entfernungen, von meinen neuesten Messungen am Refractor bestimmt, und so alle diese Messungen wenigstens unter sich vergleichbar gemacht. Ich weise sodann nach, dass die Unterschiede der am Mittagsrohr erhaltenen Abstände von denen des Refractors genau so sind, wie sie aus einer für die Beobachtung der Durchgänge der Doppelsterne nothwendig störenden Ursache sein müssen. Hierauf zeige ich, dass die in England gemessenen Entfernungen sich mit der Zeit immer mehr den Resultaten nähern, die der Refractor giebt; offenbar eine Folge, dass eine früher gebrauchte, unvollkommene Messungsmethode späterhin mit einer bessern vertauscht wurde. Da ich nun ferner nachweisen kann, dass das Fadenmikrometer alle Distanzen, zumal bei nahen Sternen, aus einer auf Erfahrung begründeten Störung des deutlichen Sehens, zu gross geben muss, und zwar um so mehr, je geringer die Kraft des Fernrohrs ist: so folgere ich, dass in der all-

mähligen Annäherung aller andern Messungen an die meinigen, und in dem Umstande, dass diese die kleinsten Entfernungen geben, ein gedoppelter Grund vorhanden ist, meine Messungen für die genaueren zu halten, wenn auch noch nicht für absolut richtige. Wenn aber dieselbe störende Ursache auch noch auf die Distanzen des Refractors einwirkt, obgleich, wegen der überwiegenden optischen Kraft, in einem geringern Masse, so müssen auch meine Distanzen eher zu gross, als zu klein sein. Indess war noch eine Beobachtungsreihe mit meinen Messungen zu vergleichen. Im Jahre 1830 hatte ich mit *Bessel* in Königsberg verabredet, mehrere Sterne gemeinschaftlich zu bearbeiten. Ihm stand das prachtvolle Heliometer zu Gebot, welches eine Zierde der Königsberger Sternwarte ist. Das Prinzip der Messung mit diesem Instrumente ist gänzlich von dem des Filarmikrometers verschieden. Die Uebereinstimmung der, von beiden Beobachtern gleichzeitig gefundenen Distanzen hätte einen kräftigen Beweis ihrer Richtigkeit gegeben. Es fand sich aber aus der Vergleichung der beiderseitigen Abstände von 39 Sternen, dass die Dorpater im Mittel um 0″,19 kleiner sind, als die Königsberger. Wenn ich dreist behaupten konnte, das Dorpater Fernrohr sei allen früher angewandten Instrumenten, in Bezug auf Eignung für die Distanzmessung, so weit überlegen, dass die Nichtübereinstimmung der Resultate eine Unvollkommenheit der früheren Arbeiten anzeigt: so muss ich dem Königsberger Heliometer, wenn

es auch an optischer Stärke beträchtlich hinter dem Dorpater Fernrohr zurücksteht, doch als Messapparat eine eben so hohe Stellung einräumen. Beobachtungen mit demselben, von einem *Bessel* gemacht, mussten das grösste Gewicht haben. War also ein Unterschied, wenn auch nur klein, und wie ich zeige, einem Gesetze folgend vorhanden, so musste noch irgendwo eine Fehlerquelle verborgen sein. Mir lag es demnach ob, meine Messungen einer neuen Prüfung zu unterwerfen. Ich habe dies auf eine, wie ich hoffe, allen Zweifel hebende Weise gethan. Durch Aussteckung von weissen runden Marken auf dunklem Grunde, erzeugte ich künstliche Doppelsterne. Die linearischen Entfernungen der Markenpaare von einander und vom Fernrohr, bestimmten die zu berechnenden wahren Werthe der Winkelabstände der künstlichen Sternpaare, welche nun mit dem Mikrometer des Fernrohrs gemessen wurden. Aus der Vergleichung der beobachteten Distanzen mit den nachher berechneten, ergaben sich die Fehler der Beobachtungen. Diese, viele Zeit und Mühe kostenden Untersuchungen, die an sechszehn künstlichen Sternenpaaren verschiedener Entfernungen, von gleichen und ungleichen Durchmessern, angestellt sind, führten nun zu dem erfreulichen Resultate, dass die, mit dem Dorpater Instrumente gemessenen Distanzen von 1″ bis 16″ alle richtig sind, indem die mittlere Correction derselben sich nur auf $\frac{1}{137}$″ negativ beläuft, und also auf keine Weise eine positive ist, wie die Königs-

berger Messungen zu fordern schienen. Für grössere Entfernungen, von 32″ an, war die Richtigkeit meiner Distanzmessungen schon früher entschieden. Auch verschwanden bei Distanzen, die nahe an 32″ sind, fast alle constanten Differenzen unter den verschiedenen Beobachtungsreihen. Bei Entfernungen, die kleiner als 0″,8 sind, hört die eigentliche Messung auf, und eine blosse Schätzung derselben tritt ein. Dass auch diese Schätzung in der Regel bis auf 0″,1 genau ist, haben andere Versuche mit künstlichen sehr nahen Doppelsternen gelehrt. Auf ähnliche Weise habe ich die Zuverlässigkeit der vom Refractor gegebenen Richtungen geprüft, und auch für sie die befriedigendsten Resultate erhalten. Es mag vielleicht als Mikrologie erscheinen, dass ein so kleiner Unterschied von $\frac{1}{8}$ Sekunde zu einer Untersuchung Veranlassung gab, deren Vollendung Monate erforderte. Aber der meisten Doppelsterne scheinbare Entfernungen betragen nur wenig Sekunden, bei vielen ist sie nur ein Sekundenbruch; und so ist $\frac{1}{8}$ Sekunde eine bedeutende Grösse, der, wenn die Parallaxe der Sterne, wie wahrscheinlich ist, kaum $\frac{1}{10}$ Sekunde beträgt, eine linearische Ausdehnung entspricht, die den Durchmesser der Erdbahn übertrifft.

Es ist den astronomischen Beobachtungen eigenthümlich, dass die Wissenschaft erst in der Zukunft den wahren Nutzen von ihnen gewinnt, wenn sie mit erneuerten, gewöhnlich noch vollkommneren Beobachtungen vergli-

chen werden können. Da alles in der Astronomie darauf ankommt, Bewegungen zu erkennen, so kann es sein, dass, wenn diese sehr langsam erfolgen, manche Beobachtung erst nach Jahrhunderten fruchttragend wird. Wo aber die Veränderungen rasch geschehen, da kann auch eine, nur wenige Jahre umfassende Beobachtungsreihe zu Entdeckungen führen; und solche Entdeckungen werden in reicherem Masse gelingen, wenn in der Vergangenheit schon eine analoge Beobachtungsreihe vorhanden ist. Für die Doppelsterne besitzen wir diejenigen Messungen, die vor 55 bis 35 Jahren von Sir *W. Herschel*, dem Gründer dieses Theils der Astronomie des Fixsternhimmels, angestellt wurden. Sie sind das Fundament unserer jetzigen Kenntnisse, welche sich von Jahr zu Jahr durch neues Material erweitern und vervollkommnen.

Ich habe es versucht, auch jetzt schon aus meinen Messungen einige, sowohl allgemeine, als besondere Resultate zu ziehen, und jene in der Einleitung, diese im Texte des Werkes selbst zu verzeichnen. Vergönnen Sie mir, hochgebietender Herr Minister, auch hierüber noch einiges zu berichten, und Sie so vielleicht in etwas zu entschädigen für die weniger ansprechenden Betrachtungen, mit denen ich Sie bisher zu unterhalten wagte.

Nehmen wir die Sterne sechster Grösse, als auf der Grenze des Gesichtskreises des unbewaffneten Auges liegend an, so lässt sich aus der Anzahl dieser Sterne, verglichen mit der in den hellern Grössenklassen, folgern,

dass die Sterne sechster Grösse ohngefähr acht Mal so weit von uns entfernt sind, als die Sterne erster Grösse. Durchs Fernrohr wird der Radius unseres Gesichtskreises desto mehr erweitert, je grösser seine Lichtstärke und die aus dieser folgende raumdurchdringende Kraft ist. Wie weit der Gesichtskreis durch *Fraunhofer*'s Refractor ausgedehnt wird, kann gefragt werden. Das Fernrohr ist eine Erweiterung des Auges, und fasst um so viel Mal mehr Lichtstrahlen auf, als die Fläche des Objectivs grösser ist, wie die der Pupille. Berücksichtigt man den Verlust an Licht, der beim Durchgange durch die mehrfachen Gläser statt findet, so ergiebt sich für unser Fernrohr, dass durch dasselbe dem Auge von einem Objecte eine über 1700 Mal grössere Lichtmenge zugeführt wird, als es ohne Bewaffnung empfängt. Hieraus folgt, dass ein Stern aus einer mehr als vierzigfachen Entfernung, im Fernrohr eben so hell erscheinen muss, als dem unbewaffneten Auge aus der einfachen, und dass die Sterne zwölfter Grösse, die auf der Grenze des Gesichtskreises unseres Fernrohrs liegen, ohngefähr 40 Mal so weit entfernt sind, als die Sterne sechster Grösse, oder 320 Mal so weit, als die der ersten. Wir können hieraus ferner schliessen, dass die Sterne bis zur achten Grösse alle nahezu innerhalb einer Kugeloberfläche liegen, deren Radius etwa 30 Weiten der Sterne erster Grösse beträgt, und dass daher meine Aufsuchung der

Doppelsterne sich in Bezug auf die Hauptsterne bis zu dieser Entfernung vom Sonnensysteme erstreckte.

Wenn einst die Photometrie der Fixsterne, zu der die Arbeiten und Erfindungen *Steinheil*'s den Weg gebahnt haben, weiter durchgeführt sein wird, wenn die grosse, sich auf den Fixsternhimmel beziehende Kartenarbeit der Berliner Akademie vollendet sein wird: dann kann die Astronomie aus der Vergleichung der Anzahl der Sterne und ihrer Helligkeit nach den verschiedenen Grössenklassen noch wichtige Folgerungen ziehen. Sie wird dann auch ein sehr merkwürdiges Phänomen, das des Wechsels der Helligkeiten bei mehreren Sternen, häufiger kennen lernen, und viel genauer untersuchen können, als bisher. Bis jetzt kennt man ohngefähr zwanzig veränderliche Sterne, von denen *o* im Wallfische, mit Recht der wunderbare, *Mira Ceti* genannt, der merkwürdigste ist, indem sein Licht von der zweiten Grösse bis zum Verschwinden für gewöhnliche Fernröhre wechselt. Die wahrscheinliche Erklärung solches Wechsels, der in den meisten Fällen eine genaue Periode befolgt, findet sich in einer Achsendrehung des Sterns, wodurch derselbe uns bald eine hellere, bald eine weniger glänzende Seite zuwendet. Bei meinen Messungen habe ich nun auch den scheinbaren Grössen, d. h. den Helligkeiten der Doppelsterne eine besondere Aufmerksamkeit geschenkt, und dieselben jedes Mal durch Schätzung zu bestimmen gesucht. Der Umstand, dass die beiden ver-

bundenen Sterne sehr häufig von gleicher Helligkeit sind, erleichtert bei den Doppelsternen die Erkennung des Lichtwechsels, indem in einem solchen Falle es sich ereignen kann, dass entweder bald der eine, bald der andere Stern heller gesehen wird; oder dass bald eine völlige Gleichheit des Lichts, bald ein erheblicher Unterschied bemerkt wird. Ich habe 28 Doppelsterne nachgewiesen, bei welchen ein relativer Lichtwechsel, entweder ganz entschieden, oder höchst wahrscheinlich statt findet. Unter ihnen ist der merkwürdigste, γ in der Jungfrau, der aus zwei Sternen dritter Grösse besteht, bei welchen der Vorrang der Helligkeit, den der eine während mehrerer Jahre behauptet hatte, nachher auf den anderen überging. Ausserdem habe ich 43 Doppelsterne aufgestellt, bei welchen ein Lichtwechsel zu vermuthen ist. So ist uns eine wesentliche Bereicherung der Kenntniss der veränderlichen Sterne geworden. Aber wichtig ist die Folgerung, dass wir durch diesen Lichtwechsel der Doppelsterne auf eine Achsendrehung dieser Sonnen geführt werden, und so eine neue Analogie dieser Systeme mehrfacher Sonnen mit unserm Planetensysteme aufgefunden haben.

So wie an den Fixsternen Verschiedenheit der Helligkeit sich findet, so bemerkt man an ihnen auch einen Unterschied in den Farben. Die Farben der Doppelsterne hat vorzüglich der ältere *Herschel* beachtet. Auch ich habe fast bei jeder Beobachtung die Farben der einzelnen

Sterne angegeben, wenn nicht der Begleiter zu schwach war, um eine Farbe erkennen zu lassen. Bis zur neunten Grösse spricht sich die Farbe der Sterne gewöhnlich aus, und an *Mira Ceti* habe ich selbst im schwächsten Lichte noch die rothe Farbe erkennen können. Eine sorgfältige Untersuchung der hellen Doppelsterne lehrt nun, dass ausser dem reinen Weiss, alle Farben des Spectrums vorkommen, dass aber der Hauptstern, wenn er nicht weiss ist, sich im Allgemeinen dem rothen Ende des Spectrums nähert, der Begleiter dem blauen. Dies ist aber kein ausnahmloses Gesetz. Im Gegentheil, der Fall, dass beide Sterne einerlei Farbe haben, ist bei weitem der häufigere. Ich finde nämlich unter 596 hellen Doppelsternen:

375 Sternpaare von gleicher und gleich tiefer Farbe;
101 „ „ gleicher und ungleich tiefer Farbe;
120 „ „ gänzlich verschiedenen Farben.

Unter den Sternen von einerlei Farbe sind die weissen am häufigsten. Von den 476 gleichgefärbten Sternpaaren finde ich nämlich:

295 Paare, in welchen beide Sterne weiss sind;
118 „ „ „ gelb oder röthlich;
63 „ „ „ bläulich sind.

Man sieht hieraus, dass die röthlichen Sterne doppelt so häufig sind, als die bläulichen, die weissen aber $2\frac{1}{2}$ Mal so zahlreich als die röthlichen. Ein blauer oder bläulicher Begleiter findet sich:

53 Mal mit einem weissen Hauptsterne vereinigt;
52 „ „ hellgelben Hauptsterne vereinigt;
52 „ „ gelben oder rothen Hauptsterne,
16 „ „ grünen Hauptsterne vereinigt.

Dass diese blaue Farbe nicht bloss subjectiv ist, d. h. nicht einzig durch das Gelb des Hauptsterns im Urtheile des Beobachters hervorgerufen wird, ergiebt sich daraus, dass ein blauer Begleiter eben so häufig bei einem weissen als bei einem tiefgelben Sterne gesehen ist; dass ferner bei gelben Sternen, nicht selten auch gelbe Begleiter vorkommen, und zwar mitunter von tieferem Gelb, als das des Hauptsterns. Purpurfarbene Begleiter habe ich 13 gefunden. Merkwürdig ist ferner das Ergebniss, dass in der Regel ein grosser Unterschied in der Farbe mit einem bedeutenden Unterschied in der Helligkeit verbunden ist. Es musste mir endlich wichtig sein zu untersuchen, ob diese aus eigner Erfahrung gezogenen Resultate auch in den Beobachtungen eine Bestätigung finden, die Sir *W. Herschel* über die Farben der Sterne gemacht hatte. Es kam darauf an, meine Farben mit den *Herschel*'schen zu vergleichen. Diese Vergleichung habe ich bei 98 helleren Doppelsternen vorgenommen, und dadurch den merkwürdigen Satz gefunden, dass *Herschel* alle Sterne etwas röther gesehen hat als ich. Dieser Unterschied erklärt sich aus dem Material unserer Instrumente. Der Metallspiegel des Reflectors gab bei *Herschel* allen Objecten eine röthliche Tinte, die in guten Refractoren nicht

vorkommt. Rechnet man aber diese constante Differenz ab, so ist die Uebereinstimmung der von *Herschel* und mir an den Sternen gesehenen Farben fast vollkommen. Um so merkwürdiger sind ein Paar auffallende Ausnahmen, welche γ im Löwen und γ im Delphin darbieten. Beide Doppelsterne müssen zu *Herschel's* Zeit, wenn nicht ein Versehen in der Angabe vorhanden ist, aus ganz weissen Sternen zusammengesetzt gewesen sein. Jetzt ist in γ *Leonis* der eine goldgelb, der andere rothgrün, in γ *Delphini* der eine goldgelb, der andere grünlich blau. Es ist hier also ein Farbenwechsel sehr wahrscheinlich, dem entgegengeseszt, den bekanntlich *Sirius* dargeboten hat, der im Alterthume nicht nur von Dichtern *rubra canicula*, sondern auch vom Astronomen *Ptolemaeus* und von *Seneca* roth genannt wird, und jetzt völlig weiss erscheint.

Eine Hauptaufgabe war es mir, die optischen und physischen Doppelsterne von einander zu sichten. Es leuchtet ein, dass, wenn das Zusammensein zweier Sterne nach einerlei Richtung nur zufällig ist, es desto häufiger vorkommen muss, je weiter wir die Grenze des Abstands setzen. Da sich nun aber ausweiset, dass in der achten Ordnung von 24" bis 32" Abstand die Zahl der hellen Doppelsterne geringer ist, als in der ersten Ordnung von 0" bis 1", während sie nicht weniger als 448 Mal hätte grösser sein müssen, wenn alle Doppelsterne optische sind: so liegt es nahe, wie ich mit Hülfe der Wahr-

scheinlichkeitsrechnung zur Aufstellung folgender wichtigen Sätze gelangte.

1) Von 653 hellen Doppelsternen aller acht Ordnungen bis auf 32″ Abstand, sind wenigstens 605 physische und nur 48 optische, so dass also auf einen optischen 13 physische kommen.
2) Die 178 hellen Doppelsterne der ersten und zweiten Ordnung bis zur Entfernung von zwei Sekunden, sind ohne Ausnahme alle physische.
3) Von 2″ bis 8″ Abstand sind unter 263 Doppelsternen 260 physische und nur 3 optische anzunehmen.
4) Von 8″ bis 16″ Abstand sind unter 106 Doppelsternen der Wahrscheinlichkeit nach 97 physische und 9 optische.
5) Von 16″ bis 32″ Abstand finden wir unter 106 Doppelsternen 70 physische und 36 optische.

Was nun diejenigen Sternenpaare betrifft, in welchen hellere Sterne mit schwachen Begleitern zusammenstehen, so ergiebt sich, dass wenn man die Begleiter, welche kleiner als von der zehnten Grösse sind, ausschliesst, und die Entfernungen mit 12″ begrenzt, dann selbst unter diesen Sternen die physischen Doppelsterne noch bei weitem die Mehrzahl ausmachen. Unter 612 solchen Paaren sind 483 für physische Doppelsterne zu halten, und in den beiden ersten Ordnungen fast alle. So wie wir aber die Grenze der Entfernung weiter hinausrücken, und zugleich die schwächeren Begleiter

beachten, so wächst die Wahrscheinlichkeit, dass ein Sternenpaar nur zufällig zusammenstehe, ungemein, und es ist anzunehmen, dass von 16″ bis 32″ Abstand, wenn der Begleiter kleiner als von der zehnten Grösse ist, die Mehrzahl der Doppelsterne zu den optischen gehöre. Auf der andern Seite sind unter den helleren Paaren gewiss noch Verbindungen anzunehmen, wenn die Entfernung auch 32″ weit übersteigt. Hierüber habe ich mich schon im Jahre 1827 bei der Herausgabe meines Catalogs ausgesprochen. Ueberhaupt behandelte ich damals schon diesen ganzen Gegenstand nach denselben Grundsätzen. Aber das Material war ein unvollkommenes. Jetzt beruht alles auf genauen Messungen der Abstände und wiederholten Schätzungen der Helligkeiten, und so ist die neue Untersuchung eine bei weitem fester begründete und umfassendere.

Unter den in meinem Werke bearbeiteten Sternen, giebt es nun auch mehrfach zusammengesetzte Sterne. Es finden sich eilf helle dreifache Sterne, in welchen keiner der drei Sterne unter der achten Grösse ist. Unter diesen sind zwei vierfache. Dreifache und mehrfache Sterne, in welchen wenigstens einer der Begleiter kleiner als von der achten Grösse ist, habe ich 57 angegeben. Ausserdem gebe ich noch ein Verzeichniss von 59 dreifachen oder vielfachen Sternen im weiteren Sinne, in welchen man neben zwei Sternen von höchstens 32″ Abstand, noch einen dritten oder mehrere innerhalb der

Entfernung von 80″ erblickt. Die Wahrscheinlichkeitsrechnung lässt sich ebenfalls auf solche Verbindungen anwenden. Ich habe bewiesen, dass jene eilf vielfachen hellen Sterne, vielleicht alle, wenigstens zehn von ihnen Systeme bilden, in welchen drei oder mehr Sonnen durch Anziehung verbunden sind, und also um ihren gemeinschaftlichen Schwerpunkt sich bewegen müssen. Auch unter den übrigen 57 dreifachen Sternen im engeren Sinne müssen noch einige Systeme anzutreffen sein.

Die bisherigen Betrachtungen lehren, dass im Allgemeinen unter den näher zusammenstehenden hellen Doppelsternen, die physischen bei weitem die häufigeren sind, dass aber, unter den weiter von einander abstehenden aus ungleichen Sternen zusammengesetzten Paaren, viele optische Doppelsterne sein werden. Wichtig ist es nun die Methoden anzugeben, nach welchen für einen einzelnen Fall entschieden werden kann, zu welcher Gattung ein Doppelstern gehört. Ein Hauptmerkmal bietet hier die eigene Bewegung der Fixsterne dar, durch welche sie in verschiedener Richtung und Geschwindigkeit am Himmel fortrücken. Zeigt es sich, dass dem Begleiter dieselbe Bewegung zukommt, wie dem Hauptstern, dass also beide gemeinschaftlich fortwandern, so ist ihre Verbindung entschieden. Der Stern 61 im Schwan gab das erste auffallende Beispiel dieser Art, das vor mehr als zwanzig Jahren von *Piazzi* und *Bessel* erkannt wurde. Die beiden in diesem Paare vereinigten

Sterne sechster Grösse sind seit 1690 jährlich um 5″ zusammen fortgerückt, und haben also in 150 Jahren um mehr als 12 Minuten, d. h. beinahe um einen scheinbaren Radius des Mondes, ihre Stellung unter den benachbarten Fixsternen geändert. In neuester Zeit hat *Argelander* die Kenntniss der eignen Bewegung der Fixsterne erweitert und vervollkommnet. Sein Katalog von 560 Fixsternen mit eigner Bewegung, deren Betrag aus der Vergleichung seiner eignen in *Abo* angestellten Beobachtungen, vorzüglich mit den aus *Bradley*'s Messungen von *Bessel* abgeleiteten Oertern ermittelt ist, hat mich veranlasst, die eigne Bewegung für die Untersuchung der Doppelsterne aufs neue in Anwendung zu bringen. Ich finde in diesem Werke die Bewegungen der Hauptsterne von 53 Doppelsternen meines Katalogs. Bei 41 Sternen ist diese Bewegung hinreichend gross und sicher bestimmt, um durch Vergleichung der *Herschel*'schen Stellungen mit den neuesten oder dieser unter sich zu entscheiden, ob die Bewegung beiden Sternen gemeinschaftlich ist, oder nicht. Das Resultat ist, dass unter 41 Sternen von 0″ bis 32″ Entfernung, bei 40 derselben die eigne Bewegung des Hauptsterns auch dem Begleiter zukommt, wodurch die physische Verbindung derselben entschieden ist, und dass nur der einzige Stern δ im Füllen sich aus der eignen Bewegung des Hauptsterns, die dem Begleiter nicht zukommt, als optischer Doppelstern kund gegeben hat. Es muss hierbei beachtet wer-

den, dass unter diesen 40 physischen Doppelsternen auch solche sind, in welchen zum Hauptstern sehr schwache Begleiter gepaart erscheinen, z. B. ξ im *Perseus* und 5 in der Schlange, deren Nebensterne nur fünfter Grösse sind. Die von mir in den Anhängen über die Doppelsterne grösserer Entfernung angestellten Messungen gaben Veranlassung, die Untersuchung der eignen Bewegungen noch weiter auszudehnen. Ich finde 27 Sternenpaare von 32″ bis 7′ Abstand, für welche *Argelander*'s Katalog die Bewegung des Hauptsterns enthält. Es ergiebt sich, dass 13 Paare ohne Zweifel physisch verbunden, dass neun Paare optische Doppelsterne sind und dass sich über fünf Paare noch nicht mit hinlänglicher Sicherheit entscheiden lässt. Unter diesen Doppelsternen im weiteren Sinne, ist 40 des *Eridanus* der merkwürdigste, da seine jährliche eigene Bewegung von 4″ beinahe so gross ist, als die von 61 im Schwan. Diese gehört aber nicht allein dem Hauptstern vierter Grösse, sondern mit Bestimmtheit auch dem kleinen, 83″ abstehenden Begleiter von der neunten Grösse, der also mit jenem zu einem Systeme verbunden ist. Auf ähnliche Weise gehört zum hellen Doppelstern *Castor* höchst wahrscheinlich noch ein dritter Stern zehnter Grösse, der 73″ von ihm absteht, und so zeigt sich uns ein System zweier grosser näherer Sonnen und einer dritten, die 15 Mal so weit absteht und der Helligkeit nach zu urtheilen, einen 20 bis 30 Mal kleineren Durchmesser hat.

Unter den neun entschiedenen optischen Doppelsternen dieser Gattung sind die wichtigsten:

α in der Leier,	1ter Gr. u.	sein Begl.	$10\frac{1}{2}^{r}$ Gr.	von	$43''$	Abstand,
α im Adler,	1	„	„	10 „	$2\frac{1}{4}'$	„
Pollux,	2	„	„	11 „	$3\frac{1}{2}'$	„
α im Stier,	1	„	„	11 „	$2'$	„

Der erste dieser Sterne, α der Leier, ist der hellste Stern der nördlichen Halbkugel und eignet sich hiernach vorzüglich zur Untersuchung der Parallaxe, um so mehr, da er bei seinem grossen Abstande vom Aequator für uns Bewohner des Nordens nie untergeht, und zu jeder Jahreszeit in grosser Höhe über dem Horizonte bei Nacht beobachtet werden kann. Als ich noch mit der Ausmessung der Doppelsterne des Katalogs vollauf zu thun hatte, konnte ich einem einzelnen Sterne nicht so viel Zeit widmen, ihn während eines ganzen Jahres unausgesetzt zu verfolgen, wie zur Erforschung der Parallaxe nöthig ist. Erst seit dem Julius des vorigen Jahres wandte ich dem Stern α *Lyrae* eine besondere Aufmerksamkeit zu, um die Parallaxe desselben näher zu ergründen. Wer die Geschichte der Bemühungen der Astronomen für die Bestimmung der Entfernung der Fixsterne kennt, weiss, dass bei fast allen bisherigen Versuchen sich bedeutende Zweifel gegen die zur Auffindung der Parallaxe angewandten Methoden erheben lassen, woraus denn auch die so abweichenden Resultate erklärlich sind. Gegen die Methode, die Parallaxe aus der veränderlichen Stellung zu

ermitteln, die der Hauptstern gegen den, mit ihm nicht zu einem System verbundenen kleinen Begleiter hat, lässt sich keine Einwendung machen, als etwa die, dass doch möglicher Weise der kleine Stern der Erde näher seyn könne, als der Hauptstern. Möglich ist dies, aber gewiss bei α in der Leyer so unwahrscheinlich, dass der Einwand als verschwindend angesehen werden kann, da dem Begleiter seiner Helligkeit nach, eine über 100 Mal grössere Distanz zukommt. Meine Beobachtungen geben nun für 17 Tage die Entfernung und Richtung zwischen den beiden Sternen an, aus welchen die Rechnung durch 34 Gleichungen, die ich nach der Methode der kleinsten Quadrate behandelt habe, eine Parallaxe des Hauptsterns von 0″,125 oder $\frac{1}{8}$ Secunde mit dem wahrscheinlichen Fehler 0″,055 oder $\frac{1}{18}$ Secunde ergeben hat. Dies Resultat ist ein sehr wichtiges. Es zeigt, dass die Parallaxe auf jeden Fall nur einen kleinen Bruch der Secunde beträgt, und dass die Bestimmungen *Piazzi*'s, *Calandrelli*'s und *Brinkley*'s, welche der Parallaxe von *α Lyrae* einen Werth von mehreren Secunden zuschreiben, falsch sind. Auf der andern Seite ist ein bestimmter Werth der Parallaxe aus meinen Beobachtungen hervorgegangen, der, wenn auch klein, doch bedeutend grösser ist, als die Ungewissheit, welche der Wahrscheinlichkeit nach an ihm haftet. Die Bestätigung desselben ist aus einer Fortsetzung dieser Beobachtungen zu erwarten. Bis dahin kann ich diesen Werth noch nicht als frei von allem Zweifel an-

sehen. Auf jeden Fall hoffe ich aber nach ein Paar Jahren die Fehlergrenze der Parallaxe von *α Lyrae* so zusammenzuziehen, dass es sich mit Bestimmtheit ergiebt, ob sie wirklich nahezu ½ Secunde beträgt, oder wie nahe zu Null hin wir sie wenigstens annehmen müssen. Der angegebenen Parallaxe entspricht nun eine Entfernung des Leiersterns von über 1½ Millionen Sonnenweiten (Entfernungen der Erde von der Sonne). Ist sie einigermaassen richtig, so ist ein Schritt geschehen, die Entfernungen in der Fixsternwelt nicht mehr nach einem blos hypothetischen Maasstabe zu messen. Da *α Lyrae* zu den helleren Sternen der ersten Grösse gehört, so würden wir vorläufig, bis mehrere Parallaxen bestimmt sind, die mittlere Entfernung der Sterne erster Grösse etwas beträchtlicher anzunehmen haben, also auf zwei Millionen Sonnenweiten setzen. Hiernach würden wir ferner die Entfernungen der Sterne in den verschiedenen Ordnungen der Helligkeit nach Sonnenweiten schätzen können, und die Grenze des Gesichtskreises des unbewaffneten Auges, oder die Entfernung der Sterne sechster Grösse, auf 16 Millionen Sonnenweiten, die Grenze des Gesichtskreises des *Fraunhofer*'schen Refractors, oder die Entfernung der Sterne zwölfter Grösse, auf 640 Millionen Sonnenweiten annehmen. Alle Doppelsterne meines Katalogs bis zur achten Grösse, würden innerhalb einer Kugel sich befinden, deren Mittelpunkt die Sonne

einnimmt, und deren Radius jenseits 60 Millionen Sonnenweiten hinausreicht.

Die wichtigsten Ergebnisse meiner Messungen beziehen sich aber endlich auf die Veränderungen in den gegenseitigen Stellungen der Doppelsterne, in so fern sie aus der Bewegung derselben in ihren Bahnen hervorgehen. Ich zeige, dass aus Vergleichung meiner Messungen unter sich und mit denen des älteren *Herschel*'s, bis jetzt erkannt sind:

58 Doppelsterne, in denen eine Stellungsveränderung gewiss ist,
39 „ in welchen sie wahrscheinlich ist,
66 „ in denen eine Aenderung angedeutet ist.

Dass diese Veränderungen nicht einzig zufälligen eignen Bewegungen, sondern vorzugsweise der Wechselwirkung der Sterne auf einander zuzuschreiben, also eine Folge ihrer physischen Verbindung sind, schliesst sich schon daraus, dass die Mehrzahl der Veränderungen, namentlich 48 unter den 58 gewissen, sich bei den Abtheilungen der hellen Doppelsterne findet, und dass unter diesen auch die unter sich nähern mehr Veränderungen zeigen, als die entfernteren. Ja, die genaue Betrachtung dieses letzten Umstandes führt zu einem wichtigen allgemeinen Satz, der sich so aussprechen lässt:

„Die Eintheilung der Doppelsterne in Ordnungen nach der scheinbaren Entfernung zwischen ihnen, ist eine nicht blos auf dem Umstande begründete,

dass Gegenstände unter desto kleineren Winkeln gesehen werden, je entfernter sie sind. Es sind vielmehr im Allgemeinen die Doppelsterne erster Ordnung innerhalb 1″ des Abstandes, in geringerer linearischer Entfernung von einander, als die der nächsten Ordnung u. s. w. Ihre gegenseitige Anziehung ist eine stärkere, sie zeigen daher raschere Bewegungen und kürzere Umlaufszeiten.

Savary, *Encke*, *Herschel II* und *Mädler* haben sich mit der Berechnung der wahren Bahnen einiger Doppelsterne aus den bisherigen Beobachtungen erfolgreich beschäftigt, indem sie die Gültigkeit der *Kepler*'schen Gesetze bei deren Bewegungen voraussetzten. Von vier Doppelsternen sind die Umlaufszeiten schon sehr genau bekannt, weil sie in der Zwischenzeit zwischen *Herschel*'s Messungen und den neuesten einen Umlauf völlig oder nahezu vollendet haben; für drei andere Sternenpaare kennt man die Umlaufszeit aus dem bisher beobachteten Theile der Bahn mit ziemlicher Sicherheit.

Diese Sternensysteme sind:

η in der Krone,	Umlaufszeit	43	Jahre
ζ im Krebs,	„	56	„
ξ im grossen Bären,	„	60	„
p im Schlangenträger,	„	80	„
σ in der Krone	„	200	„
Castor	„	215	„
γ in der Jungfrau	„	513	„

Es ist merkwürdig, dass hier Sonnen um Sonnen in einer kürzeren Zeit kreisen, als der Planet *Uranus* gebraucht, seinen Umlauf um unsern Centralkörper zu vollbringen. Wir müssen hieraus schliessen, dass entweder diese Sonnen näher an einander sind, als *Uranus* zu unserer Sonne, oder dass die gemeinschaftliche Masse solcher zwei sich rasch umkreisenden Sonnen bedeutend grösser ist, als die Masse der unsrigen. Diese Beobachtung lässt sich etwas genauer erörtern und wird dann zu deutlichern Begriffen führen. Unter den Bahnen der Doppelsterne scheint die von ξ im grossen Bären nach der letzten Rechnung von *Mädler* am genauesten bestimmt zu sein. Wäre die Parallaxe dieses Sterns, und hiemit seine Entfernung von der Erde bekannt, so liesse sich zu den übrigen Elementen der Bahn auch noch die linearische Ausdehnung der Ellipse hinzufügen. Nahe liegt es nun, die Entfernung nach der früheren Angabe zu schätzen, dass ein Stern erster Grösse zwei Millionen Sonnenweiten von uns abliegt. ξ im Bären ist nämlich ein Stern vierter Grösse, für den wir also die Entfernung zu 7½ Millionen Sonnenweiten annehmen können. Unter dieser freilich nur hypothetischen, aber nicht willkührlichen Annahme, lässt sich nun, wenn wir noch in Betracht ziehen, dass wir das Verhältniss der Grössen und Massen dieser Sterne aus dem ihrer scheinbaren Helligkeiten beurtheilen können, folgende Beschreibung dieses Doppelsterns machen:

In ξ im grossen Bären sind zwei Sonnen durch Anziehung zu einem Systeme verbunden, deren Masse 117 und 42 Mal, also zusammen 159 Mal, so gross ist, als die unserer Sonne. Nehmen wir für diese Körper eine gleiche Dichtigkeit an, wie die unserer Sonne, so sind die Durchmesser derselben $4\frac{9}{16}$ und $3\frac{1}{4}$ Mal grösser als der Sonnendurchmesser. Sie umkreisen sich in einer elliptischen Bahn in einem Zeitraum von $60\frac{1}{2}$ Jahren. In dieser Bahn ist ihre mittlere Entfernung gleich $83\frac{1}{2}$ Abständen der Erde oder fast $4\frac{1}{2}$ Abständen des *Uranus* von unserer Sonne. Der kleinste Abstand in der elliptischen Bahn ist 50, der grösste 117 Halbmessern der Erdbahn gleich. Die Neigung der Ebene, worin sich diese Himmelskörper bewegen, gegen die von der Erde an ihren Ort gezogene Gesichtslinie ist 37° 45′. Die den angegebenen Grössen und der Entfernung von der Erde entsprechenden scheinbaren Durchmesser dieser beiden Sterne sind $\frac{1}{100}''$ und $\frac{1}{121}''$. Wenn wir daher dieselben in unsern besten Fernröhren unter einem Winkel von nahezu einer halben Secunde sehen, so muss dieser grosse scheinbare Durchmesser der Zerstreuung des Lichts in der Atmosphäre, im Instrumente und im Auge zugeschrieben werden.

Unter den 7 obigen Umlaufszeiten ist die des Sterns η in der Krone von 43 Jahren die kürzeste. Es findet

sich auch, dass dieser Stern derjenige ist unter den sieben, in welchem die Sterne am engsten zusammenstehen, da ihre scheinbare Entfernung, auch wenn sie am grössten ist, wohl nur wenig eine Secunde übertrifft. Viele andere Doppelsterne stehen aber noch näher zusammen. Es lässt sich daher vermuthen, dass bei einigen derselben noch kürzere Umlaufszeiten statt finden. Eine Andeutung solcher, sehr kurzen Umlaufszeiten findet sich bei mehreren Sternen. Nicht unwahrscheinlich ist es, dass für ζ im *Herkules* die Periode nur 14 Jahre beträgt, und für 42 in der Krone ist sie vielleicht noch geringer. Nach einigen Jahrhunderten wird die Astronomie reich an Kenntnissen dieser Art sein, zu denen ich in meinem Werke glaube die Grundlage gegeben zu haben.

Die sehr kurzen Umlaufszeiten sind bei den genannten Doppelsternen durch auffallend rasche Veränderungen in der gegenseitigen Stellung angezeigt worden. Aber auch bei grösseren Perioden können in kurzer Zeit auffallende Veränderungen eintreten, wenn die Bahnen sehr excentrisch sind. Es sei mir nun noch zum Schluss vergönnt, einige der merkwürdigsten Beobachtungen dieser Art hier aufzuführen.

Schon in meinem Kataloge von 1827 erwähne ich 15 Sterne, welche grösstentheils von Sir *W. Herschel* als doppelt erkannt waren, die ich als dreifache gesehen habe, indem sich der eine Stern wiederum zerlegte. Ich schrieb dies mit Recht der grösseren optischen Stärke

und der Schärfe des Dorpater Fernrohrs zu, obgleich es nicht unmöglich ist, dass einer oder der andere dieser nähern Begleiter deswegen von *Herschel* nicht gesehen wurde, weil er auf seiner Bahn um den Hauptstern so stand, dass beide Sterne sich deckten. Dieses Phänomen der Bedeckung eines Fixsterns durch den andern hatte *Herschel* in so weit an zwei Sternen, ζ im Herkules und δ im Schwan bemerkt, dass er deren um 1780 gesehenen Begleiter 20 Jahre später nicht wieder fand. Erst mir gelang es seit 1825 das Vorhendensein dieser Begleiter, aber in veränderter Stellung wieder nachzuweisen. Auf gleiche Art, wie ich *Herschel*'sche Sterne zerlegte, habe ich nun während der Mikrometermessungen, 20 Sterne meines eignen Katalogs wieder aufgelöst, und dadurch die Zahl der allerengsten Doppelsterne noch vermehrt. Dass auch diese neue Auflösung vorzüglich den günstigeren Umständen und den angewandten stärkeren Vergrösserungen zuzuschreiben sei, ist keinem Zweifel unterworfen; aber bei einigen Sternen lässt sich vermuthen, dass sie nur deswegen erst später getrennt wurden, weil sie wirklich weiter von einander abgerückt sind. Ein sehr merkwürdiges Beispiel dieser Art bietet der Stern τ im Schlangenträger dar. *Herschel* hatte ihn schon doppelt gesehen. In der Vorrede meines Katalogs von 1827 bekannte ich, dieser Stern sei der einzige *Herschel*'sche, an welchem die Kraft des Dorpater Fernrohrs so zu sagen scheitere. Da die bewunderungswürdige Zuverlässigkeit

aller von Sir *W. Herschel* gemachten Beobachtungen vielfach bewährt ist, so hatte ich keinen Grund bei diesem Stern einen Irrthum von seiner Seite anzunehmen und hielt es für geeignet denselben sorgfältig während eines längeren Zeitraums zu verfolgen. Schon im Jahre 1827 zeigte das Fernrohr an dem Stern, der zwei Jahre früher völlig rund gewesen war, eine kleine Abweichung der Form, im Jahre 1835 war über die längliche Form desselben kein Zweifel übrig, und 1836 erkannte ich zwei getrennte, an Helligkeit verschiedene Sterne, die freilich so nahe an einander standen, dass eine mächtige Vergrösserung zu ihrer Erkennung erforderlich war. Es ist leicht einzusehen, dass das Phänomen der Bedeckung der beiden, den Doppelstern bildenden Sonnen für uns Erdbewohner dann vorzüglich eintreten muss, wenn die Ebene der Bahn, worin ihre Bewegung geschieht, nahezu gegen die Erde gerichtet ist, so dass wir so zu sagen auf die Schärfe derselben blicken. Meine Beobachtungen stellen nun die, aus einer solchen Lage der Bahn und aus der Bewegung in derselben folgenden Phänomene in dreifacher Form dar:

1) Es sind Sterne, die früher doppelt gesehen wurden, so nahe zusammengerückt, dass sie kaum noch als länglich zu erkennen sind, oder gänzlich einfach erscheinen. Beispiele geben die Sterne *Atlas* der *Pleiaden*, η im Herkules, ω im Löwen, γ in der Krone, γ in der Jungfrau und Nummer 2173 mei-

nes Katalogs. Unter diesen Sternen ist der vorletzte dadurch merkwürdig, dass er trotz seiner grossen Umlaufszeit von 500 Jahren, wegen der starken Excentricität jetzt eine so ausserordentliche Winkelgeschwindigkeit angenommen hat, dass die Richtung der Sterne sich in den letzten zwei Jahren 1834 bis 1836 um nicht weniger als 80°, und überhaupt seit 1822 um mehr als 130° änderte, wobei die Entfernung von 3″ bis auf $\frac{3}{10}$″ abnahm, und der Stern, der schon vor mehr als hundert Jahren mit schwachen Fernröhren als doppelt erkannt war, jetzt nur noch mit Mühe, in den grössten Fernröhren als zweifach gesehen wird. Sir *J. Herschel* meldet vom Vorgebirge der guten Hoffnung, der Stern erscheine jetzt einfach. In Dorpat und Berlin ist er indess mit den Münchner Refractoren noch immer als länglich erkannt worden.

2) Es sind Sterne, die früher einfach waren, doppelt geworden, wovon der schon oben erwähnte τ im Schlangenträger das auffallendste Beispiel gegeben und ε im Füllen ein zweites. Andere Sterne rücken auffallend auseinander, so 44 im *Bootes* und mehrere.

3) Es hat eine Verbindung beider Phänomene statt gefunden. Hiervon kann ich zwei sehr merkwürdige Fälle anführen. ζ *Herculis* hat in sechs Jahren das gänzliche Verschwinden des Begleiters und sein Wiedererscheinen auf der andern Seite des Haupt-

sterns gezeigt. Der Stern 42 im Haupthaar der *Berenice* war 1827 bis 1829 doppelt aus zwei, nur wenig an Grösse verschiedenen Sternen. Im Jahre 1833 war er einfach, denn selbst mit tausendfacher Vergrösserung sah ich keine Abweichung von der Kreisform. Aber 1835 war der Stern schon wieder länglich, und 1836 zeigten sich zwei getrennte Sterne. Vermuthlich ist aber der Begleiter nicht auf der entgegengesetzten Seite hervorgetreten, sondern nach acht Jahren schon in seine frühere Stellung zurückgekehrt. Es ist indess schwer, hierüber jetzt schon mit Sicherheit zu bestimmen, da die Sterne an Helligkeit so wenig von einander verschieden sind, und es auch möglich ist, dass bei ihnen ein Lichtwechsel statt findet.

Ew. Excellenz werden aus diesem Berichte ersehen haben, wie mannigfach die Ergebnisse einer Arbeit sind, die mit vortrefflichen Instrumenten und Beharrlichkeit durchgeführt wurde. Sie zeigt, dass auf diesem Felde noch sehr viel zu erndten ist, und so lebe ich der Hoffnung, unter Ihrem Schutze noch ferner zur Erweiterung der Astronomie in Bezug auf die Systeme mehrfacher, durch Anziehung verbundener Sonnen beitragen zu können, um so mehr, da mir die Aussicht bevorsteht, nach kurzer Zeit mit Hülfsmitteln beobachten zu können, die selbst die, jetzt mir zu Gebot stehenden noch übertreffen werden, unterstützt von mehreren eifrigen Mitarbeitern,

denen das schöne Ziel gestellt ist, auf *Pulkowa*'s Sternwarte vereint zu wirken.

Indem ich nun noch die Bitte ausspreche, dass Sie, hochgeehrtester Herr Minister, diesen meinen Bericht gütig entgegennehmen mögen, verharre ich

ehrfurchtsvoll

Ew. Excellenz

gehorsamster Diener
W. STRUVE.

Geschrieben auf der Sternwarte zu Dorpat
im Januar 1837.

DRUCKFEHLER.

S. 8	Z. 2 v. u.	statt	32″ übersteigt	lies	32″ nicht übersteigt
S. 41	Z. 5 v. o.	„	fünfter Grösse	„	zehnter Grösse
S. 47	Z. 8 v. o.	„	Beobachtung	„	Betrachtung

ÉTUDES
D'ASTRONOMIE STELLAIRE.

SUR

LA VOIE LACTÉE

ET SUR

LA DISTANCE DES ÉTOILES FIXES.

RAPPORT

FAIT

A SON EXCELLENCE

M. le Comte Ouvaroff,

MINISTRE DE L'INSTRUCTION PUBLIQUE ET PRÉSIDENT DE L'ACADÉMIE IMPÉRIALE DES SCIENCES,

PAR

F. G. W. Struve,

DIRECTEUR DE L'OBSERVATOIRE CENTRAL DE RUSSIE ET MEMBRE DE L'ACADÉMIE.

ST.-PÉTERSBOURG,

IMPRIMERIE DE L'ACADÉMIE IMPÉRIALE DES SCIENCES.

1847.

55

Publié avec autorisation de l'Académie.

Fuss, Secr. perp.

St.-Pétersbourg le 17 Mai 1847.

Monsieur le Ministre!

ı différentes reprises j'ai osé adresser à mon Chef bienveil-
des rapports détaillés sur les progrès faits dans certaines
es de l'astronomie, surtout stellaire. L'attention dont Vo-
Excellence a bien voulu honorer, en 1837 et 1840,
rapports concernant les travaux exécutés soit à Dorpat
à Poulkova, et qui traitent des étoiles doubles et
iples de la voûte céleste, m'encourage à Vous présenter
ırd'hui un troisième rapport qui a pour objet des recher-
sur la voie lactée, ou la distribution des étoiles fixes
l'espace céleste, et sur leurs distances.

a permission que Votre Excellence a bien voulu m'ac-
r il y a trois mois, de Vous adresser ce rapport, a été
moi d'une signification importante. L'auteur gagne tou-
en précision, dès qu'il se représente un personnage illu-
à qui il adresse sa parole. En outre, le désir de présenter

à Votre Excellence une production en quelque sorte digne de Lui être dédiée, m'a engagé à de nouvelles études, dont le fruit a été la partie historique de ce rapport et une recherche plus approfondie de la constitution de la voie lactée, que celle qui a été donnée dans ma préface au catalogue des zones besséliennes, récemment publié par l'Académie.

En Vous exprimant pour cet encouragement mes sentiments de gratitude sincère, j'ose réclamer encore l'indulgence de Votre Excellence, pour les faiblesses de style et le manque d'uniformité dans l'exposition, imperfections qui ne pourront échapper à l'oeil du maître.

W. Struve.

Poulkova le $\frac{19}{7}$ Mai 1847.

RECHERCHES

SUR

LA DISTRIBUTION DES ÉTOILES DANS L'ESPACE

ET SUR

LA VOIE LACTÉE.

HISTOIRE.

I. Notices générales. Les Anciens. Copernic. Galilée.

. nombre des étoiles que l'on voit sans l'aide du télescope, est s modique. M. Argelander, dans son *Uranométrie*, donne la te de 3256 étoiles visibles à l'oeil nu, depuis le pôle arctique qu'à 36° de déclinaison australe, c. à. d. à peu près sur huit ièmes de la voûte céleste. Pour les deux autres dixièmes aux irons du pôle céleste antarctique, il faut ajouter 844 étoiles. us aurons donc, sur la voûte céleste entière, 4100 étoiles vi- es à un individu d'une portée de vue moyenne. Ce chiffre monte

à peu près à 6000 pour des personnes douées d'une vue perçante. Nous ne voyons donc en chaque moment, sur la moitié du ciel visible, que 2000 à 3000 étoiles, par une belle nuit sans crépuscule et sans clair de lune.

Ceux qui n'ont point de connaissance du dénombrement effectif, taxent le nombre des étoiles visibles beaucoup trop grand. Cela s'explique, en partie, par la distribution irrégulière des étoiles et par le manque de divisions sur le ciel; en partie, par l'effet que produit l'aspect du ciel sur l'imagination. Le nombre des étoiles, croissant à mesure que l'éclat diminue, nous engage à deviner des étoiles que nous ne voyons plus.

Dans les catalogues des anciens astronomes, le nombre des étoiles déterminées est encore plus petit. Hipparque en avait observé 1022. Le catalogue du dernier des astronomes qui observait les lieux des étoiles sans l'aide du télescope, Hevelius, renferme 1533 étoiles observées à Dantzig. C'est qu'il y avait encore plus d'étoiles visibles à l'oeil, qu'observables par les pinnules des instruments d'alors.

Si l'antiquité avait cependant soupçonné l'existence d'un grand nombre d'étoiles invisibles à l'oeil, et dont l'éclat réuni expliquerait l'aspect de la voie lactée: la confirmation et les progrès de ces idées demeurèrent impossibles, jusqu'à l'invention du télescope. Même Copernic n'ose produire aucune opinion précise sur les étoiles fixes.[1]) Galilée enfin, dans son *Nuncius sidereus*, publié en 1610, annonça au monde civilisé les premières découvertes, faites au ciel à l'aide du télescope, sur la surface de la Lune, sur les étoiles fixes, les satellites de Jupiter, et plus tard sur la difformité de Saturne, l'illumination variable de Vénus, et sur les taches du Soleil. Il est impossible de se faire aujourd'hui une idée parfaite de l'enthousiasme que ces annonces ont dû exciter alors. C'était la révélation inattendue du monde céleste, invisible et inaccessible à

l'esprit humain depuis des milliers d'années. Voici comment Galilée s'exprime d'abord sur les étoiles fixes:

«C'est vraiment un grand événement que d'ajouter au nombre «considérable d'étoiles fixes, qui pouvaient être aperçues jus«qu'à présent avec les moyens naturels, d'autres étoiles innom«brables, et de faire voir à l'oeil des étoiles qui n'avaient jamais «été vues auparavant, et dont la multitude est au moins dix «fois plus grande que le nombre des étoiles anciennement con«nues. — C'est un fait de haute importance, que d'avoir mis fin «ainsi aux disputes sur la voie lactée, et d'en avoir manifesté la «construction au sens et à l'intelligence etc.»[2])

Depuis Galilée jusqu'à W. Herschel, ou durant au-delà d'un siècle et demi, la distribution et l'arrangement des étoiles fixes était plutôt l'objet de spéculations que de l'observation, trop occupée encore de l'examen des corps qui appartiennent au système solaire.

2. Spéculations de Keppler.

Keppler, dans le livre I de son *Epitome*, publié en 1618, s'occupe le premier de la distribution des étoiles, par la voie de la spéculation. L'*Harmonice mundi*, publiée l'année suivante, ne contient rien concernant l'arrangement de l'univers. Mais il en traite une seconde fois dans le quatrième livre de l'*Epitome* qui parut en 1620.[3]) Les points suivants que j'ai tirés des différents endroits de l'ouvrage cité, représentent les idées de Keppler.

1. Le Soleil se trouve à une distance plus grande des autres étoiles fixes, que celle qui a lieu entre les étoiles voisines elles mêmes.[4])
2. Au milieu de la région des étoiles fixes il y a une concavité immense, ceinte de tous côtés par les étoiles. Le Soleil se trouve à l'intérieur de cette concavité. Donc le Soleil avec les

autres corps qui appartiennent à son système, est placé dans un lieu particulier et remarquable de l'univers, en comparaison des autres parties de la région des étoiles fixes.

3. La concavité où est placé le Soleil, se trouve en même temps près du centre de l'anneau stellaire, qui forme la voie lactée Cette position est indiquée par ce que la voie lactée présente à peu près l'aspect d'un grand cercle, et que l'intensité en est sensiblement la même dans toutes ses parties.

4. L'espace qui comprend toutes les étoiles fixes, terminé intérieurement par la concavité où séjourne le Soleil, est limité aussi extérieurement, et forme, dans sa totalité, une sphère immense d'un diamètre fini; au-delà de la surface de cette sphère se trouve le vide. Cette forme sphérique de l'univers se déduit de la qualité qu'a la sphère, de comprendre le plus grand volume en dedans d'une surface de grandeur donnée, et de l'analogie des corps célestes qui ont tous la forme sphérique. La forme générale des parties paraît devoir être aussi celle de la totalité.

5. Le Soleil est le corps principal, le coeur de l'univers d'où se répand la lumière et la chaleur, et qui règle le mouvement des planètes avec leurs satellites. La sphère des fixes forme l'enclos extérieur de l'univers, rejetant la lumière et contenant la chaleur solaire, comme une peau de l'univers. Elle est donc, comparativement parlant, de glace ou crystalline, tandis que le Soleil est le feu ou une masse ardente. Les étoiles fixes sont, dans cette hypothèse, beaucoup plus petites que le Soleil, mais elles brillent cependant d'une lumière propre et qui manifeste différentes couleurs.

6. Il est cependant possible que le Soleil ne soit autre chose qu'une étoile fixe, plus brillante à nos yeux par sa proximité seulement, et que les autres étoiles fixes soient également des Soleils entourés d'un monde planétaire. Mais cette consé-

quence n'est pas de nécessité, car l'astronomie copernicaine, se bornant à l'aspect des étoiles fixes, ne décide rien sur leur nature. On peut donc aussi admettre que les étoiles fixes se trouvent répandues, comme le dit la tradition des Hébreux, dans une couche comparativement mince et de nature aqueuse, et que cette couche est crystalline, si l'eau y est gelée, à cause du grand froid qui convient à la distance immense du Soleil, comme centre de la chaleur dans l'univers.

7. Le rayon de la concavité, ou la distance qui sépare la limite intérieure de la région des étoiles fixes, du Soleil, se détermine par une proportion simple. Le système solaire finit avec Saturne, la dernière des planètes. Le rayon de l'orbite de cette planète est de 2000 fois plus grand que celui du globe solaire.[5]) Donc, par l'harmonie des relations, la distance des étoiles fixes doit être encore 2000 fois plus grande que le rayon de l'orbite de Saturne, ou de 4 millions de fois le rayon du Soleil.[6]) Cette énorme distance des étoiles fixes est confirmée par les observations de Tycho qui ne donnent aucune parallaxe sensible des étoiles fixes.

8. Mais aussi l'épaisseur de la voûte crystalline des étoiles fixes peut être évaluée. La matière totale de l'univers se divise en trois portions égales. Un tiers est concentré dans le corps du Soleil, l'autre tiers a été employé à former les planètes et l'éther céleste qui remplit la concavité jusqu'aux étoiles fixes. Le dernier tiers enfin est réuni dans la sphère crystalline des étoiles fixes. On trouve la densité de l'éther, comparativement à celle du Soleil, en considérant que la même masse distribuée dans un espace d'un rayon 4 millions de fois plus grand, doit avoir une densité 64 trillions de fois plus petite. La densité de la sphère crystalline enfin est la moyenne proportionnelle entre celle du corps central de l'univers et celle de l'éther, ou un 8

mille-millionième de la densité du Soleil. De cette densité se déduit le volume de l'enveloppe crystalline = 8 mille millions de fois le volume du Soleil, et son épaisseur extrêmement petite de $\frac{1}{20000}$ du rayon solaire, ou seulement, deux milles géographiques.

9. Le Soleil vu d'une étoile fixe ne présente qu'un diamètre d'une dixième de seconde. D'autant plus, les étoiles fixes ne sont pour nous que des points d'un diamètre évanouissant.

Les spéculations de Keppler sur l'univers sont presque oubliées. Mais elles méritent notre attention; car on y trouve, pour ainsi dire, les germes des vues de l'astronomie moderne sur l'arrangement du ciel étoilé. Il faut cependant remarquer, que les 9 thèses que nous venons de tirer des ouvrages de Keppler, appartiennent à deux systèmes différents, et qui sont en quelque sorte en contradiction l'un avec l'autre. C'est que dans Keppler lui-même nous reconnaissons deux directions divergentes du génie, celle de la recherche calme et profonde, et qui le fit énoncer dans l'ouvrage *De Stella Martis*, les deux premières lois du mouvement elliptique; l'autre, de la spéculation hardie et même fantastique sur les analogies et les harmonies du monde, mais qui le conduisit à la découverte de la troisième de ses lois. Il paraît même que Keppler, dans plusieurs des thèses citées, n'a voulu que s'accommoder à l'ancienne opinion d'une voûte crystalline des étoiles fixes, accommodation qu'il jugea peut-être dans l'intérêt de la science, à une époque où la plupart des astronomes étaient encore en opposition contre le système copernicain, comme renversant toutes leurs anciennes persuasions. Ajoutons que, par ces thèses, il réussissait à réconcilier le système copernicain avec l'opinion que l'on s'était formée, à cette époque, de la signification du firmament et des eaux du ciel supérieur (*aquae supra celestes*) du Pentateuque.

Huyghens, dans son *Cosmotheoros*, publié trois ans après sa mort, en 1698, traite en détail des analogies entre les différents corps du système solaire. L'ouvrage contient cependant aussi quelques réflexions importantes sur les étoiles fixes. L'auteur prononce l'identité du Soleil et des étoiles fixes, et suppose une distribution en général régulière de ces soleils dans l'espace de l'univers, en disant que la même distance qui a lieu entre le Soleil et l'étoile fixe la plus voisine, se trouve encore entre celle-ci et une suivante, et ainsi de suite à l'infini. Tous les soleils lui sont des corps centraux de systèmes planétaires. Puis, il réfute les thèses étranges de Keppler, en le jugeant trop sévèrement. Il fallait considérer que la position de la science avait immensément changé, surtout depuis la publication des *Principia* de Newton, et que les télescopes perfectionnés avaient fourni une foule d'observations exactes, tendant à rectifier les idées des astronomes. Huyghens déduit ensuite la petitesse de la parallaxe des étoiles fixes, de l'invariabilité annuelle dans la position relative des deux étoiles dont est composée la seconde étoile de la queue de la grande Ourse. Il en conclut l'impossibilité de déterminer la parallaxe des étoiles fixes par la voie de l'observation astronomique. Il essaie donc le premier, à ce qu'il paraît, de parvenir à une estimation de la distance de Sirius, par la voie photométrique, c. à. d. en dispersant à l'aide d'un petit globule de verre, la lumière d'une petite portion de la surface du Soleil, vue à travers une ouverture d'un douzième de ligne, faite dans le couvercle d'un tuyau de 12 pieds de long, jusqu'à produire l'image d'une étoile artificielle d'une intensité égale à celle de Sirius. Par cette expérience il calcule que, si Sirius et le Soleil sont des corps de nature identique, la distance de Sirius est environ 28000 fois la longueur du rayon de l'orbite terrestre. Le *Cosmotheoros* ne dit rien sur la voie lactée.

4. Système de Kant.

Pendant une période de près de soixante ans, l'étude du ciel étoilé resta sensiblement stationnaire, jusqu'à ce que le philosophe de Koenigsberg dirigea son attention sur l'arrangement et l'explication des phénomènes célestes. *L'histoire naturelle du ciel*[7]) de Kant parut en 1755. Dans la préface, l'auteur dit qu'il s'est proposé

« de découvrir l'arrangement qui réunit les grands membres de la « création, dans toute son étendue jusqu'à l'infini, et de déduire, « à l'aide des lois mécaniques, la formation des corps célestes et « l'origine de leurs mouvements, de l'état primitif de la nature. »

Entreprise sublime, si elle n'est pas trop hardie pour l'esprit humain. En tout cas, l'astronome qui a lu l'ouvrage, s'il ne souscrit point à toutes les spéculations qu'il renferme, ne s'en séparera sûrement qu'avec une vive admiration du génie et des vues parfois prophétiques de l'auteur.[8]) Je regrette de devoir m'abstenir d'une analyse complète de l'ouvrage, peu connu parmi les astronomes, en me bornant à réunir les idées de Kant sur l'arrangement du ciel étoilé, dans une suite de thèses, tirées de l'ouvrage aussi verbalement que possible, mais dans un ordre qui répond à notre but. Kant lui-même dit, dans l'introduction, que les premières idées sur l'arrangement des étoiles lui ont été fournies par un mémoire de Wright[9]), et qu'il ne saura indiquer exactement en combien, dans son système, il répète ou amplifie les opinions de cet auteur. Voici les thèses de Kant:

1. On ne s'approche pas davantage de la toute-puissance divine dans la force créatrice, en renfermant le volume de sa révélation dans une sphère décrite avec le rayon de la voie lactée, qu'en le restreignant en dedans d'une boule d'un pouce de diamètre. Tout ce qui est fini, ce qui a des bornes et se trouve en raison déterminée avec l'unité, est également éloigné de l'infini. Or

si la création est infinie dans l'espace, ou l'a été du moins dès le commencement, quant à la matière, et si elle se trouve disposée à le devenir, quant à la forme et au développement, l'univers comprendra des mondes sans nombre et sans fin.

2. Les étoiles fixes que nous apercevons, même à l'aide des télescopes, sont des soleils qui forment les centres de systèmes, dans lesquels probablement tout est aussi grand que dans notre système solaire, et se règle d'une manière analogue, par la gravitation et par le mouvement centrifuge.

3. Mais l'action de la gravitation n'est pas renfermée dans chaque système à part. Elle s'étend d'un système solaire à l'autre; et c'est ainsi que tous les soleils que nous voyons, forment dans l'ensemble un grand système d'un ordre plus élevé, celui de la voie lactée. Les étoiles fixes sont donc des planètes (corps mobiles) d'un ordre supérieur, c. à. d. d'un mouvement extrêmement lent, mais qui s'est déjà manifesté p. e. dans Arcturus.

4. Il existe une analogie remarquable entre le système de la voie lactée et le système solaire. Dans celui-ci, il y a un plan principal qui passe par le zodiaque, et toutes les planètes font leurs orbites, dans des plans peu inclinés au plan principal. Un tel plan principal se trouve aussi pour les étoiles fixes. Car elles ne sont pas distribuées dans l'espace sans ordre visible, mais à l'analogie des planètes de notre système. Il faut considérer les étoiles fixes comme en relation avec le plan principal, de sorte qu'il y a vers ce plan une accumulation des étoiles, qui sont par conséquent d'autant plus rapprochées entre elles, qu'elles sont plus voisines au plan. Cette accumulation produit l'aspect de la zone luisante du ciel que nous nommons la voie lactée. Celle-ci forme donc le zodiaque du grand système qui est arrangé, à l'analogie du système planétaire du Soleil, de sorte que les mouvements de tous ces soleils, autour d'un cen-

tre commun de leurs orbites, s'accomplissent dans des plans peu inclinés au zodiaque stellaire. La relation à ce zodiaque a lieu, non seulement pour le grand nombre de petites étoiles, visibles dans la trace de la voie lactée, mais encore pour les autres étoiles. Les régions non comprises dans la trace blanchâtre de la voie lactée, sont d'autant plus riches en étoiles, qu'elles se rapprochent davantage du milieu même de la trace; la plus grande partie des 2000 étoiles que l'oeil nu discerne dans le ciel, est renfermée dans une zone peu large et dont la voie lactée occupe le milieu.[10])

5. Dans le système solaire il y a un corps principal et central, le Soleil. Il est probable qu'un corps luisant se trouve aussi dans le centre de la voie lactée. Mais ce corps, dont la masse doit être en proportion de la grandeur de son système, ne devrait-il pas se présenter à nos yeux, par un éclat et une grandeur éminents? Nous ne voyons cependant aucune étoile fixe qui se distingue d'une manière frappante de la pluralité. En effet, il n'y a pas de raison pour s'en étonner. Si ce corps était 10000 fois plus grand (que notre Soleil) il ne paraîtrait pas plus grand et plus brillant que Sirius, vu d'une distance 100 fois plus grande.[11]) Il y a des raisons qui rendent probable, que Sirius est le corps central du système des étoiles qui forment la voie lactée. Celle-ci nous apparaît la plus large dans les constellations de l'Aigle, du Renard et de l'Oie. Donc le Soleil se trouve du côté de ces constellations.[12]) Si l'on tire, par conséquent, une ligne droite à peu près de la queue de l'Aigle, par le milieu du plan de la voie lactée, vers le point opposé, cette ligne doit passer près du centre du système; et elle tombe en effet très exactement sur Sirius, l'étoile la plus brillante du ciel entier, qui par le concours de sa position et de son éclat paraît digne d'être considérée comme le corps central. La cir-

constance que Sirius n'apparaît point dans la trace de la voie lactée s'explique par l'éloignement du Soleil au plan principal.

6. Notre voie lactée n'est point l'unique système de cette espèce. Des nébuleuses de forme elliptique, et que les télescopes ne peuvent résoudre en étoiles, se voient par-ci par-là sur la voûte céleste. Ce sont là de semblables systèmes, réduits à un petit diamètre apparent par l'immense distance où ils se trouvent de notre voie lactée. La forme oblongue de la plupart de ces nébuleuses indique qu'il existe, dans ces systèmes, un plan principal, comme dans notre voie lactée.

7. Entre les différentes voies lactées, il existe probablement une relation analogue à celle qui a lieu pour les différents soleils de notre système. Ces voies lactées forment les membres d'un nouveau système d'un ordre encore plus élevé. Nous voyons ici les premiers termes d'une progression de mondes et de systèmes. Cette partie initiale de la progression infinie indique déjà ce qu'il faut deviner par rapport à l'entier.

Kant s'étonne[13]) de ce que les observateurs du ciel n'aient pas été engagés, depuis longtemps, à déduire de la forme de la voie lactée, des déterminations particulières sur la position des étoiles fixes. Il n'a donc pas eu connaissance de ce que dit Keppler sur la voie lactée, Keppler, qui avait complètement compris l'importance de l'apparence de la voie lactée, en la soumettant à une discussion géométrique exacte.[14])

5. Système de Lambert.

Passons aux recherches de Lambert qui nous rapporte que les premières idées de son système lui étaient venues en 1749, à l'age de 21 ans. Nous trouvons les points de départ plus précis dans sa *Photometria* publiée en 1760, et dont un chapitre porte l'in-

scription: *de luminis fixarum earumque distantia.* C'est ici qu'il distingue déjà la voie lactée par le nom de l'écliptique des étoiles fixes, et qu'il émet l'opinion que la voie lactée est l'agrégat d'un grand nombre de systèmes qui réunissent chacun une multitude de soleils. Il parvient en outre, à l'aide de la comparaison de l'éclat des étoiles fixes avec celui des planètes et nommément de Saturne, à une taxation de la distance des étoiles de première grandeur. Il l'évalue plus grande que de 425000 fois le rayon de l'orbite terrestre, ce qui s'accorde, comme il dit, avec les observations de Bradley qui donnent une parallaxe plus petite qu'une demi-seconde. Son système complet a été exposé dans ses lettres cosmologiques sur l'arrangement de l'univers,[16]) publiées l'année suivante, 1761. Dans cet ouvrage, remarquable par la clarté de l'exposition et par la pénétration des vues, l'auteur traite soit de l'arrangement du système solaire, soit de celui du ciel étoilé. L'on sait, que c'est dans la première partie qu'il énonce ses vues sur le grand nombre des comètes existantes dans le système solaire, et sur leur distribution, vues qu'a élargies et consolidées plus tard le célèbre Olbers. Mais nous laisserons cette partie de l'ouvrage de côté, en nous bornant à donner une idée générale et autant que possible précise, de ce que l'ouvrage établit par rapport aux étoiles fixes. Je crois que les thèses suivantes, tirées en partie verbalement des différents endroits de l'ouvrage, contiennent l'essentiel des spéculations du géomètre philosophe.

1. Les étoiles fixes sont des soleils accompagnés, à l'analogie de notre Soleil, d'un nombre de planètes et de comètes. Chaque soleil avec ses dépendances forme un système du premier ordre.
2. Notre Soleil appartient à un grand amas sphérique d'étoiles, ou à un système du second ordre, formé par la totalité des étoiles dispersées dans toutes les directions de la voûte céleste,

et qui n'appartiennent pas à la voie lactée, quoique situées en partie dans la direction de cette bande.

Il y a un grand nombre de systèmes du second ordre. Ces différents systèmes ne sont point disséminés dans l'espace, sans règle ou dans toutes les directions possibles. Ils se trouvent tous dans le voisinage d'un plan principal, rangés les uns derrière les autres, et forment ainsi, par leur concours, l'aspect de la voie lactée. Celle-ci est un système du troisième ordre, de forme non pas sphérique, mais oblongue, ou un disque d'un diamètre incomparablement plus grand que son épaisseur. La subdivision du système du troisième ordre (de la voie lactée) en différents systèmes du second ordre (amas d'étoiles) est prononcée dans l'irrégularité de la voie lactée, dans sa densité variable et sa ramification.

Il y a dans l'univers, selon l'analogie, un grand nombre de voies lactées. Peut-être que la nébuleuse d'Orion est une telle voie lactée voisine de la nôtre. Dans ce cas, les télescopes nous indiqueront encore beaucoup d'autres nébuleuses semblables, dès qu'on en fera la recherche. L'ensemble de ces différentes voies lactées forme un système encore plus élevé, ou du quatrième ordre.

L'analogie peut être continuée jusqu'à l'idée des systèmes du cinquième ordre etc. Mais elle commence dès lors à devenir arbitraire, parce qu'elle dépasse les limites de nos perceptions. L'astronomie stellaire s'étend donc, pour nous: 1) sur les soleils 2) sur les amas de soleils, 3) sur la voie lactée, et 4) sur l'ensemble des différentes voies lactées.

Le lien commun des différents systèmes du même ordre, et des ordres supérieurs successifs, se trouve dans la gravitation universelle qui produit partout des mouvements centraux.

Dans le système solaire, les différentes planètes sont séparées

entre elles par une distance incomparablement, grande par rapport à l'étendue du système particulier que forme une planète avec ses satellites. Pareillement, il existe une distance énorme entre les différents soleils d'un système du second ordre, si on la compare avec l'étendue qu'embrasse chaque soleil avec les corps qui en dépendent. L'étoile fixe la plus voisine est à peu près 500000 fois plus distante du Soleil que la Terre.

8. Cette isolation des systèmes du même ordre va encore plus loin. L'amas d'étoiles dont notre Soleil fait partie, contient au-delà d'un million et demi d'étoiles, dispersées dans toutes les directions, et qui forment un système sphérique dont le diamètre égale à peu près 150 fois la distance entre une étoile de première grandeur (Sirius) et le Soleil. Mais les dernières étoiles de cet immense amas sont à une distance incomparablement plus petite, que les premières étoiles qui appartiennent à un des autres amas voisins, réunis dans la voie lactée. On doit estimer la distance des premières étoiles de la voie lactée au moins à 750 fois la distance de Sirius, ou le diamètre intérieur de la voie lactée à 1500 distances de Sirius.[16])

9. L'isolation dans laquelle se trouve notre amas, par rapport aux autres parties de la voie lactée, se déduit non seulement de l'analogie avec l'isolation du système solaire dans son amas, mais elle se manifeste aussi à l'oeil par les limites tranchantes de la voie lactée sur la voûte céleste.[17])

10. La même isolation a lieu pour tous les autres amas qui sont réunis dans la voie lactée. En supposant que ces amas se trouvent tous à peu près dans un même plan, et que leur distance relative est partout à peu près la même, on ne peut accepter dans la voie lactée que six amas voisins du nôtre. Les autres amas sont au-delà de ces six, dans des distances à notre amas toujours croissantes. Le nombre en paraît inexprimablement grand

C'est le concours de tous ces amas isolés et placés dans d'immenses rangées, qui produit la trace continue de la voie lactée. L'intensité variable de cette bande céleste et la séparation d'un arc isolé prouvent que l'arrangement de tous ces amas n'est pas tout à fait régulier.

11. Le système de la voie lactée n'est cependant point infini. Il a ses limites extérieures; ce qui se manifeste par la circonstance que la voie lactée ne se présente point comme un grand cercle de la sphère, mais comme un cercle parallèle, quoique peu différent du grand cercle. Il est difficile même de taxer le diamètre extérieur de la voie lactée. En tout cas, il faudra le supposer égal à plusieurs centaines de fois son diamètre intérieur. La distance des dernières étoiles de la voie lactée sera donc au moins = 150000 distances de Sirius.[18])

12. La déviation de la voie lactée de la forme d'un grand cercle, comportant environ 5 degrés, est une suite de la position latérale de notre amas d'étoiles, par rapport au plan principal des autres amas dont la voie lactée est composée. Notre amas se trouve en outre plus près de la périphérie de la voie lactée que du centre, vers le colure du Capricorne. Car c'est là que nous voyons la portion la plus large de la voie lactée.[19])

13. Le Soleil aussi est placé excentriquement dans son amas; mais il n'est eloigné du centre que de peu de distances de Sirius. Ce centre de l'amas se trouve du côté d'Orion ou du grand Chien; car c'est dans cette direction que nous voyons un plus grand nombre d'étoiles de notre amas, placées en de plus longues rangées.

14. L'existence de la gravitation est indiquée, pour tous les corps de notre amas, par le mouvement progressif des étoiles fixes, reconnu depuis peu (en 1760) par les recherches de Tobie Mayer.[20]) Car, où il y a un mouvement progressif, il faut qu'il

y existe une force centrale, pour que le système ne se dissolve avec le temps; également, où il y a une force centrale, il faut supposer aussi un mouvement progressif, afin que les corps ne tombent point l'un sur l'autre.

15. Le mouvement propre reconnu des autres étoiles fixes nous indique également un mouvement propre du Soleil. Donc, le mouvement apparent des étoiles fixes est le résultat de deux effets, dont l'un est réel ou physique, c. à. d. appartenant aux étoiles elles mêmes, et l'autre est optique, ou produit par le déplacement du Soleil. Il sera possible, avec le temps, de séparer les deux effets, et de déterminer même l'endroit du ciel vers lequel le Soleil marche.

16. La simplicité du mouvement des planètes et des comètes, dans le système solaire, est produit surtout par la supériorité de la masse du corps central. Or, en admettant ici une analogie entre le système solaire en petit, et le système du second ordre de notre amas en grand, on est porté à supposer aussi un grand corps central de cet amas, d'autant plus que, pour un système d'un ordre supérieur, les phénomènes des changements doivent être les plus simples. Si nous voulions admettre un système du second ordre, un amas, sans corps central, les mouvements dans ce système, produits par la combinaison de millions d'attractions différentes, seraient trop compliqués, et ne conviendraient plus à un système dont l'étendue et la stabilité requièrent un principe simple. Il paraît même que cette stabilité ne devient possible, que par la présence d'un corps central.

17. Ce corps central de notre amas doit avoir une masse considérable. Sa grandeur dépend en outre de la densité de sa matière. Toutes les deux, la masse et la grandeur, doivent être en proportion de l'étendue du système. Le corps central peut avoir une lumière propre mais faible, s'il n'est pas plutôt un corps

opaque, éclairé par le soleil qui lui est le plus voisin. Si les soleils sont destinés à éclairer d'autres corps célestes, le corps central est opaque, mais illuminé comme une planète. Dans ce cas, il y a une ressemblance frappante entre l'arrangement du système de l'amas et celui du système solaire, vu qu'il n'existe, à l'exception de l'échelle, qu'une seule différence. Dans le petit système, des corps opaques circulent autour du corps central luisant; tandis que, dans le grand système, ce sont des corps luisants qui font leurs orbites autour du corps central opaque.

18. Peut-être que l'existence et le lieu du corps central de notre amas se déclarera un jour par de petites perturbations dans les mouvements des planètes du système solaire, à l'analogie du mouvement de la Lune autour de la Terre, troublé par l'action du Soleil.[21])

19. Le corps central opaque peut avoir des phases, soit par le mouvement du soleil qui l'illumine,[22]) soit s'il a des taches, par la rotation sur son axe. Il faudra examiner, sous ces rapports, la nébuleuse d'Orion, qui pourrait être le corps central du système, étant située dans la direction indiquée du centre. Les observations décideront ici. Il faudra voir si les changements que quelques astronomes ont cru remarquer dans cette nébuleuse, s'ils sont réels, suivent une période régulière.

0. Ayant attribué un corps central ou dominant (Regent) au système de notre amas, l'analogie nous engage à admettre un autre corps dominant pour l'ensemble de la voie lactée. La grandeur de ce corps doit être encore en proportion de son empire. Il est admissible d'étendre l'analogie encore plus loin. Voyez la thèse 5.

Pourra-t-on refuser son admiration à ces déductions claires, logiques et en même temps riches de vues heureuses: surtout en considérant le peu de bases sûres qu'avait fournies l'observation, à cette époque? Cependant il faut convenir qu'il y a, dans le système

de Lambert, des parties faibles, produites surtout par une application trop étendue, par un abus de l'analogie. C'est elle qui l'a conduit à l'hypothèse des grands corps centraux et opaques, mais dont l'existence, quoique possible, n'est indiquée d'aucune manière concluante. Au contraire, tout ce que l'astronomie moderne nous apprend sur les étoiles doubles et multiples jusqu'aux nombreux amas composés de centaines et de milliers d'étoiles, indique une réunion de soleils dans un système sans noyau dominant. C'est encore l'analogie avec le système solaire qui a engendré l'isolation réciproque des différents amas dont Lambert compose la voie lactée, mais qui est contredite par l'uniformité générale, quoique imparfaite, de cette trace. C'est enfin cette isolation des systèmes du second ordre qui a engagé l'auteur à supposer des dimensions inadmissibles de la voie lactée visible. Il place les premières étoiles de la voie lactée dans une distance 750 fois plus grande que celle des étoiles de première grandeur. Or, nous verrons plus bas que dans cette distance énorme, une étoile fixe n'est plus visible dans le télescope de 20 pieds de Herschel. Enfin, pour voir les dernières étoiles de la voie lactée, que Lambert place à 150000 fois la distance de Sirius, il faudrait un télescope (with front view) avec un miroir de plus de 300 pieds de diamètre, et dont le tube aurait au delà de 3000 pieds ou à peu près une verste de long.[25]) Mais Lambert, pour expliquer comment les étoiles sont visibles à d'aussi immenses distances, commet une grave erreur photométrique, qui paraîtrait bien étrange de la part de l'auteur d'un ouvrage classique sur la photométrie, si elle n'était pas de nature plutôt physiologique qu'optique.[26])

6. Recherches de Michell.

Nous avons à citer encore le dernier des prédécesseurs de Herschel, l'ecclésiastique John Michell, qui publia en 1767 un mé-

moire très remarquable par l'application heureuse des théories de probabilité aux phénomènes du ciel étoilé, application que personne n'avait tentée jusqu'alors. Ce mémoire traite de la parallaxe, de l'éclat et des particularités dans la situation des étoiles fixes.[25]) Michell détermine au commencement, comme Lambert l'avait fait 7 ans plus tôt, une valeur approximative de la parallaxe de Sirius, par la comparaison de l'éclat de cette étoile avec celui du Soleil, à l'aide de la planète Saturne[26]) qui offre, quand l'anneau est invisible, une grandeur apparente presque identique avec celle de l'étoile fixe citée. Il parvient au résultat que la parallaxe de Sirius doit être plus petite qu'une seconde. «S'il est possible, dit il, de «déterminer un jour cette parallaxe par l'observation,[27]) le vrai dia«mètre des étoiles fixes ne pourra cependant jamais être mesuré, «car il est probablement, même pour Sirius, plus petit que 2 cen«tièmes de seconde. Il faudra donc un télescope qui grossit 12000 «fois pour le rendre visible[28]).» Il expose ensuite l'importance d'une photométrie des étoiles fixes, qui aurait pour but l'évaluation numérique du rapport entre l'éclat du Soleil et celui de différentes étoiles. Quelques expériences grossières ayant indiqué, que l'éclat de Sirius surpasse celui des dernières étoiles fixes de sixième grandeur de 400 à 1000 fois, il place ces étoiles à des distances 20 et 30 fois plus grandes, et il en déduit une parallaxe de 0″,05 à 0″,03.

Les spéculations les plus remarquables, dans ce mémoire, sont celles qui regardent la distribution des étoiles, et dont voici un court résumé:

1. La division des étoiles en constellations est arbitraire. Néanmoins il faut convenir que la nature elle même les a arrangées par groupes; c. à. d. nous en voyons, en certains endroits du ciel, un grand nombre, et en d'autres moins. La réunion des étoiles en groupes ne peut guère être l'effet de la distribution accidentelle des étoiles; car en appliquant la théorie des chances

aux différents cas d'un rapprochement frappant entre les étoiles du ciel, nous apprenons que la probabilité d'une telle réunion par l'effet du hasard est extrêmement petite.[29]) On est donc engagé à admettre que les étoiles groupées sont en une certaine dépendance entre elles, et qu'elles forment des systèmes, assujettis soit à la gravitation universelle, soit à une autre loi donnée par le Créateur.

2. Les étoiles doubles, triples etc., que les télescopes nous font voir, sont pour la plupart des systèmes binaires etc. Il y aura des systèmes de quatre et de plusieurs étoiles.
3. Les constellations composées d'un grand nombre de petites étoiles, les groupes visibles à l'oeil nu, comme les Pléïades, forment également des systèmes à part.
4. Il en est de même pour les amas d'étoiles, comme la Crèche et la manche du glaive de Persée; amas qui se présentent à l'oeil nu, mais dont les étoiles isolées ne se voient qu'à l'aide des lunettes. Par ces groupes on passe aux autres amas d'étoiles plus resserrés (clusters), enfin aux nébuleuses qui sont des amas situés à une très grande distance.[30]) Les étoiles entourées d'une nébulosité sont probablement de très grandes étoiles centrales, dans des systèmes composés d'un grand nombre d'étoiles trop petites pour être distinctement visibles.
5. Mais le Soleil appartient il aussi à quelque groupe isolé? Probablement! On est tenté d'admettre que les étoiles les plus brillantes des différentes constellations, puis celles d'un éclat inférieur, mais qui, examinées à la lunette, paraissent dans une espèce d'isolation, enfin la plupart des étoiles de couleur rouge[31]), appartiennent toutes au système dont le Soleil fait partie. Ce raisonnement est confirmé par le mouvement propre, reconnu par préférence dans les étoiles de première grandeur.[32]) Le système dont le Soleil fait partie, paraît comprendre tout

au plus un millier d'étoiles, peut-être seulement quelques centaines (350).

Il est bien étrange, que Michell ne dit mot sur la voie lactée.

7. Rapport entre Herschel et ses prédécesseurs.

M. Arago, dans sa savante analyse de la vie et des travaux de Sir W. Herschel (*Annuaire pour* 1842), cite Wright, Kant et Lambert comme prédécesseurs de Herschel, dans les recherches sur la nature de la voie lactée, et ne peut s'expliquer comment Lambert n'ait fait aucune mention des spéculations de Kant, antérieures de six ans, et pourquoi Herschel, 29 ans plus tard, ignore également le nom du philosophe de Koenigsberg et celui du géomètre de Mulhouse. Le silence de Lambert s'explique entièrement par l'imperfection des communications littéraires à cette époque Nous savons en effet que Lambert n'avait aucune connaissance de l'ouvrage anonyme de Kant[23]). Car il lui écrit, en 1765, qu'il n'a pas même vu l'ouvrage; et Kant rapporte lui même, dans une note d'un traité de 1763, que *l'histoire du ciel* était très peu répandue, et qu'elle avait été inconnue même à Lambert, lors de la publication des *lettres cosmologiques*. Remarquons encore que la marche de la recherche est essentiellement différente chez les deux auteurs. Kant, partant d'une idée fondamentale, élargit en philosophe ses vues par la spéculation, et en cherche, après, la confirmation dans l'expérience. Lambert, au contraire, part de l'expérience, de phénomènes exactement reconnus, et tâche à en déduire de nouvelles vérités, par la voie géométrique aidée de la spéculation. Quant à Herschel, il est à présumer, qu'ayant quitté sa patrie, il perdit de vue les travaux scientifiques de l'Allemagne. En outre, nous ne trouvons que très rarement dans ses mémoires des notices historiques. Si les ouvrages de ses deux prédécesseurs lui étaient connus[24]), ce dont je doute, il a même pu les passer sous silence,

comme ses travaux à lui étaient d'une nature tout à fait différente. Il s'était proposé de baser la connaissance du ciel étoilé sur d'exactes observations, faites à l'aide de ses puissants instruments et d'après un plan médité, tâche qu'il exécuta avec une persistance sans exemple dans les annales de l'astronomie. Car quelques importantes qu'aient été les découvertes de cet incomparable astronome, qui se rapportent aux différents corps célestes du système solaire, nous les attribuons, en premier lieu, à la force supérieure de ses moyens instrumentaux, créés bien par lui même. Mais dans ses études sur l'astronomie stellaire, nous admirons plus le génie et la pénétration de l'esprit, que l'efficacité des télescopes; et ce sont ces travaux, dans lesquels la postérité a trouvé ses plus grands titres à l'immortalité. Aussi Herschel lui même les place-t-il à la tête de ses recherches, en disant, dans l'introduction d'un mémoire de 1811: «La connaissance de la constitution du ciel a été toujours l'objet final de mes observations.»

Les observations et les spéculations de Herschel se distinguent en général par une indépendance remarquable des travaux antérieurs. Son système est à lui, il en pose les bases, il l'élève jusqu'au faîte. Pour ne pas déroger cependant à l'exactitude historique, il faut convenir, qu'il a été guidé vers certaines vues par les spéculations de Michell, et que, quant à la recherche des nébuleuses, l'élan lui a été donné par les catalogues de nébuleuses et d'amas d'étoiles, observés par Messier à Paris et par Lacaille au Cap, catalogues publiés en 1780 et 1781 dans *la Connaissance des temps* pour 1783 et 1784. Sa découverte de nouvelles nébuleuses date de 1783, dès qu'il avait pris notice du catalogue de Messier. Mais aux 103 nébuleuses de ce catalogue il ajoute, dans l'espace de 20 ans, jusqu'en 1802, une récolte de 2500 nébuleuses inconnues auparavant.[35])

8. Travaux de W. Herschel. Coup d'oeil général.

Les immenses travaux astronomiques de Sir William Herschel sont consignés dans une suite de 73 mémoires, publiés dans les *Philosophical Transactions* de la Société Royale de Londres. L'observatoire de Poulkova possède une collection complète de ces pièces détachées, faite par l'auteur lui même et enrichie de ses corrections et de quelques notes manuscrites. Ce don précieux m'avait été fait, lors d'un séjour à Slough en 1830, par son célèbre fils; et j'en ai cru faire le plus digne usage, en déposant cette collection à la bibliothèque de l'Observatoire central. Je déclare même, avec le sentiment de la plus vive gratitude envers le donateur, que par cette collection surtout j'ai été engagé à une étude assidue des travaux de Herschel, étant dispensé de fouiller les 39 volumes des *Transactions* depuis 1780 jusqu'à 1818.[36]) Un dernier mémoire de Herschel se trouve dans le premier volume des publications de la Société Royale astronomique de Londres dont il était le premier président. Ne serait-il pas temps que l'Angleterre se décide à honorer la mémoire de son plus grand astronome[37]), par une édition complète et systématique[38]) de ses oeuvres? Cette publication ne serait point uniquement un témoignage de respect pour l'immortel astronome, mais elle exercerait une influence réelle sur la marche de la science Certes, il est impossible de faire des progrès dans l'astronomie stellaire, sans une étude assidue et détaillée des ouvrages de Herschel.

Les mémoires de Herschel relatifs à l'astronomie stellaire ont pour objet:

1. La nature du Soleil et des étoiles fixes. Éclat des étoiles. Étoiles changeantes.
2. La parallaxe des étoiles fixes.
3. Le mouvement propre dans l'espace, des étoiles et du système solaire.
4. Les étoiles doubles et multiples.

5. Les amas d'étoiles et les nébuleuses.
6. La constitution du ciel (*the construction of the heavens*). La voie lactée etc.

Ces six objets forment les six sections de l'astronomie stellaire, d'après Herschel.

9. Herschel. Système de la voie lactée, de 1785.

Nous nous occuperons, par préférence, de la dernière de ces sections, et il s'agit pour nous de donner un exposé des vues de Sir W. Herschel sur l'arrangement de la voie lactée. Les premières vues générales sont déposées par Herschel dans les deux mémoires de 1784 et 1785, *on the construction of the heavens*. Comme l'opinion qu'il y énonce, a été le plus clairement reproduite, dans l'astronomie de son célèbre fils, Sir John Herschel, je donnerai ici la traduction verbale des paragraphes 585 et 586 de cet ouvrage, qui la contiennent[39]:

(585) « Si la comparaison des grandeurs apparentes des étoiles avec « leurs nombres ne conduit à aucune conclusion définitive, il en « est autrement, aussitôt que nous les considérons en connexion « avec la distribution locale sur le ciel. En nous bornant aux trois « ou quatre classes brillantes d'éclat, nous trouverons en effet, « que les étoiles sont distribuées sur la sphère avec une unifor- « mité supportable. Mais en considérant le total des étoiles visibles « à l'oeil nu, nous apercevrons, dans le nombre, un accroisse- « ment grand et rapide en proportion que nous approchons des « bords de la voie lactée. Et quand nous venons aux grandeurs « télescopiques, nous trouvons les étoiles accumulées au delà de « toute imagination, le long de l'étendue de ce cercle et de la « branche qui s'en sépare. C'est ainsi qu'en effet la lumière totale « de la voie lactée n'est composée que d'étoiles, dont la grandeur « moyenne pourra être taxée de la dixième ou onzième classe. »

186) « Ces phénomènes s'accordent avec l'hypothèse, que les étoi-
« les de notre firmament, au lieu d'être disséminées sans loi, dans
« toutes les directions de l'espace, forment plutôt une strate dont
« l'épaisseur est petite, en comparaison avec la longueur et la lar-
» geur. Dans cette strate, la Terre occupe une place peu éloignée
« du milieu de l'épaisseur, et voisine[40]) de l'endroit, où elle se
« subdivise en deux lames principales, inclinées d'un petit angle
« l'une à l'autre. Car il est clair que, si l'oeil est placé ainsi,
« et si nous supposons que les étoiles sont distribuées assez uni-
« formément dans l'espace qu'elles occupent, la densité apparente
« sera la plus petite, dans une direction du rayon visuel perpen-
« diculaire à la lame, et la plus grande dans la direction de la
« largeur. En même temps la densité augmenterait rapidement, en
« passant d'une direction à l'autre, exactement comme nous voyons
« qu'un brouillard léger dans l'atmosphère se condense, près de
« l'horizon, en un banc nébuleux distinct, uniquement par l'aug-
« mentation rapide de la longueur du rayon visuel. Or c'est pré-
« cisément ainsi que la constitution du firmament étoilé est en-
« visagée par Sir William Hêrschel, dont les télescopes puis-
« sants ont effectué une analyse complète de cette zone miraculeuse,
« et démontré le fait qu'elle est entièrement composée d'étoiles. —
« Les distances immenses, où les dernières régions doivent se trou-
« ver, suffisent pour expliquer l'abondance extrême des étoiles de
« petites grandeurs que l'on observe dans la voie lactée. »

Il faut nous rendre compte maintenant de la voie, soit d'obser-
ion, soit de spéculation, qui a conduit le grand astronome de
ugh aux vues sur la forme et l'étendue de la voie lactée, que
us venons d'indiquer. Cette recherche mènera en outre aux détails
éressants du système de Herschel.

En supposant les étoiles en général également espacées entre el-
, le nombre des étoiles qui se présentent dans le champ d'une

même lunette, doit être à peu près le même dans les différentes directions possibles, en cas que l'espace qui contient les étoiles, s'étend partout à la même distance, c. à d. en cas que les étoiles visibles dans la lunette sont réunies dans une sphère dont l'oeil occupe à peu près le centre. Supposons, en second lieu, une strate d'étoiles également espacées entre elles, de la forme d'un disque cylindrique et d'une épaisseur petite en comparaison du diamètre. Dans ce cas, l'oeil placé au centre du disque, si les bords du disque lui sont accessibles à l'aide de la lunette, rencontrera dans la direction d'un diamètre un grand nombre d'étoiles, et dans celle de l'axe un petit nombre. Il s'en suit, que les dénombrements des étoiles visibles dans les différentes directions conduiront à déterminer, soit la forme extérieure de la strate stellaire, soit le lieu qu'occupe l'oeil à l'intérieur. Mettons p. e. qu'en dedans d'un petit cercle de la voûte céleste, de 15 minutes de diamètre, on compte dans une direction 10 étoiles visibles, et dans une autre 80 étoiles visibles, toujours à l'aide du même instrument, les deux rayons visuels seront en proportion de 1 à 2, ou des racines cubiques de 1 et 8.

En outre, on est en état de trouver, à l'aide des nombres absolus (10 et 80 dans l'exemple) et de la grandeur relative du champ de la lunette (15' dans l'exemple) par rapport à la voûte céleste totale, la longueur de chaque rayon visuel, comparée à la distance moyenne entre le Soleil et les étoiles de première grandeur, distance qu'on doit supposer identique avec la distance moyenne à présumer entre un couple quelconque d'étoiles voisines.[41])

Voilà la célèbre méthode des jaugeages du ciel ou des jauges d'étoiles (*Gaging of the heavens, star-gages*), dont Herschel a fait un si vaste usage, en employant dans ce but son télescope de 18,8 pouces d'ouverture, grossissant 157 fois, et qui avait un champ de 15 minutes 4 secondes de diamètre.[42]) Ce champ montre chaque fois un 833000-ième de la voûte céleste entière, et il faudrait au delà

d'un million de dénombrements successifs pour jauger selon Herschel le ciel entier. Les jauges que cet astronome a publiées, s'étendent depuis + 45° jusqu'à — 30° de déclinaison. Cette grande zone contient au delà de 500000 champs de lunette, dont environ 3400 ont été explorés par Herschel. Il en a déduit, en réunissant plusieurs champs voisins à un résultat, 683 jauges moyennes. Ces jauges nous offrent, chaque fois, le nombre des étoiles visibles dans le champ, nombre qui est extrêmement variable selon les directions. Car il y a une jauge où le nombre n'est qu'une fraction de l'unité, et une autre où il s'élève au maximum de 588 étoiles. A l'aide d'une table, l'auteur déduit du nombre des étoiles, la longueur du rayon visuel correspondant, exprimée en distances d'une étoile de première grandeur, et c'est ainsi que pour la jauge de 0,5 il a le rayon visuel = 46, et pour celle de 588 le rayon = 497 unités, près de onze fois plus grand que l'autre.

On voit facilement, que si les jauges étaient prises dans toutes les directions, l'on serait en état de modeler la forme solide de la strate avec d'autant plus de précision et de détails, que le nombre des jauges est plus considérable. Mais comme les jauges circumpolaires, soit boréales soit antarctiques, manquent dans son tableau, Herschel se contente d'une section de la voie lactée, et parvient au résultat final «que notre nébuleuse est un amas très étendu et ramifié, qui se compose de beaucoup de millions d'étoiles.« Étant inclinée de 35° vers l'équateur céleste qu'elle coupe sous 304½° et 124½° d'ascension droite, la section passe à une très petite distance[45]) des pôles de cette trace; elle coupe la voie lactée sous des angles droits, d'un côté dans ses deux branches qui traversent la constellation de l'Aigle, et du côté opposé, dans la partie australe du Licorne vers le grand Chien. Elle passe successivement par les constellations suivantes: l'Aigle, le Verseau, le Poisson austral, la Ba-

leine, l'Éridan, le Lièvre, le Licorne, l'Hydre, le Lion, la Chevelure, les Chiens de chasse, le Bouvier, la Couronne et l'Hercule.

La forme de la section est représentée dans le mémoire de Herschel par un dessin, répété depuis dans un grand nombre d'ouvrages astronomiques. Les contours en sont en effet très bizarres et irréguliers. Le lieu du Soleil, est peu éloigné du centre de gravité de la figure. Les étoiles visibles à l'oeil nu se trouvent toutes à l'intérieur d'un petit cercle qui entoure le lieu du Soleil. L'axe le plus long de la figure a une étendue de 850 unités = distances d'une étoile de première grandeur. Cette ligne passe près du lieu du Soleil. Dans une direction à peu près perpendiculaire, nous avons la plus petite dimension de la strate à travers le Soleil. L'épaisseur n'est ici que de 155 unités. Donc, notre nébuleuse serait $5^1/_2$ fois plus étendue dans une direction que dans l'autre[44]). Les points les plus distants de la voie lactée, dans les deux branches séparées, se présentent dans la constellation de l'Aigle, où nous avons des distances de 497 et de 420 unités. Entre ces deux points extrêmes est situé un golfe vide, dont le recoin est à une distance du Soleil de 220 unités. Du côté opposé, le maximum de la distance est = 352, dans la partie de la voie lactée au dessus du grand Chien. Les deux rayons visibles les plus courts, à partir du Soleil, sont de 75 unités du côté de la Chevelure, et de 80, du côté de la Baleine.

Pour fixer les idées, j'anticipe ici une des données que nous fournira la seconde section de ce rapport. On y verra, que la distance moyenne des étoiles de première grandeur est approximativement connue aujourd'hui, et qu'elle s'élève à près d'un million de rayons de l'orbite de la Terre. Par conséquent, selon le système de Herschel, les étoiles du bord de notre strate, dans la constellation de l'Aigle, seraient à la distance énorme de 480 millions de fois la distance du Soleil à la Terre, espace que la lumière par-

court en 7570 ans. L'étendue la plus grande de la voie lactée, entre les bords du côté de l'Aigle et du Licorne s'élèverait à près de 817 millions de rayons de notre orbite, et la lumière emploierait un temps de 12920 ans pour parcourir cette ligne.

Vers la fin de son mémoire de 1785, Herschel expose que son télescope lui a indiqué d'autres nébuleuses et qui ne peuvent être autre chose que des voies lactées, comme la nôtre, mais de dimension probablement beaucoup plus grande. Ce sont les nébuleuses d'une étendue apparente considérable, et en même temps non résolubles dans son télescope. Il en cite 10, et parmi ce nombre les grandes nébuleuses d'Orion et celle d'Andromède. La première nous paraît dans les télescopes à peu près de la grandeur du disque lunaire, mais de forme très irrégulière; la seconde, plus régulière et oblongue, ayant $1^1/_2$ degrés dans une dimension et 16 minutes dans l'autre, surpasse le disque apparent de la Lune de beaucoup. Cette dernière nébuleuse est selon Herschel la plus voisine de la nôtre, dans une distance qu'il taxe à environ 2000 fois celle des étoiles de première grandeur[45]). Il conjecture enfin que les nébuleuses planétaires d'un petit diamètre[46]), de forme circonscrite et d'une lumière uniforme, sont des nébuleuses, ou voies lactées, placées à une immense distance de nous, et dont les étoiles sont condensées et accumulées au plus haut degré.

10. Herschel. Critique du système de 1785, basée sur l'étude des mémoires postérieurs.

L'explication que donne Herschel des phénomènes de la voie lactée, d'après le système que nous venons d'exposer, serait d'une rigueur géométrique, si toutefois les deux antécédents qu'elle suppose, étaient exacts ou du moins approximativement justes. L'un est celui de la distribution à peu près égale des étoiles dans l'espace: l'autre, encore plus important, consiste en ce que Her-

schel a dû supposer, qu'à l'aide de son télescope de 20 pieds, il ait effectivement atteint partout les limites de notre strate. Sans poser distinctement cette dernière condition à la tête de sa recherche, il la touche cependant dans le courant de son exposition, en indiquant que son télescope porte probablement loin au delà des limites de la voie lactée[47].)

Une des qualités des plus distinguées du caractère de Herschel et qui contribua le plus éminemment aux succès de ses travaux, c'était la persévérance. Nous voyons que les grandes questions de l'astronomie stellaire l'ont occupé pendant la durée totale de 50 ans de sa carrière scientifique: qu'il a tâché, sans relâche, d'augmenter les matériaux, à l'aide de l'observation, et d'élargir et de corriger ses vues par une spéculation toujours plus profonde. Nous n'avons qu'à mentionner ici, la marche de ses recherches sur les étoiles doubles. Nous voyons que ses premières observations, relatives à ces corps célestes, datent de 1774. Ses dernières observations publiées sont de 1804; son dernier mémoire qui en traite, est de 1821[48]). Oserait-on juger les vues de Herschel sur les étoiles doubles, uniquement par son traité sur les parallaxes de 1781, qui précède son premier catalogue de ces étoiles? Certainement non! Il faut, au contraire, étudier le développement successif des idées de Herschel, dans la suite des mémoires qui s'y rapportent. En 1781, les étoiles doubles lui présentent un phénomène accidentel, sans cause physique, mais propre à la recherche des parallaxes. En 1783 et 1784, il pense les employer à la recherche du mouvement du Soleil dans l'espace, par l'effet d'une parallaxe séculaire. En 1802 enfin, il reconnaît les systèmes binaires et multiples, réunis par une gravitation réciproque; il observe le mouvement autour du centre de gravité et même les périodes des révolutions. Quelle différence énorme entre les vues de 1781 et de 1802! Remarquons enfin que ces progrès ne sont pas dus exclusivement à la persévérance et au

talent du grand astronome, mais également à une seconde qualité, non moins intéressante de son esprit, de ne jamais se laisser déterminer par une préoccupation, d'être toujours disposé à abandonner une opinion, aussitôt qu'il s'y voit engagé par une expérience prolongée et par un raisonnement plus mûr.

Nous voilà donc obligés de poursuivre les vues de Herschel sur la voie lactée, par tous ses mémoires postérieurs aux deux, sur lesquels nous avons basé l'exposé précédent. Cette étude est d'autant plus indispensable, que Herschel avait annoncé son premier système avec une extrême réserve, en admettant d'abord la possibilité d'une réforme future de ce système, au moins partielle[49]).

Il y a douze mémoires postérieurs à 1785, jusqu'en 1818, qui se rapportent, plus ou moins directement, à l'arrangement de la voie lactée[50]). L'examen de ces riches matériaux nous mettra à même de juger sur les progrès et les modifications successives des vues de Herschel. Les résultats se réunissent, quant aux bases de l'ancien système, dans les points suivants.

1. Nous voyons, en premier lieu, que Herschel parvint enfin à abandonner entièrement l'hypothèse d'une distribution égale des étoiles dans l'espace. Déjà en 1796, il s'exprime de la manière suivante:

« L'hypothèse d'une égale grandeur et d'une distribution ré-
« gulière des étoiles, que nous avons employée, est trop éloignée
« de l'exacte verité, pour servir de base à cette recherche.
« Les étoiles de la première et de la seconde classe, examinées
« scrupuleusement, prouvent jusqu'à l'évidence, que pour être
« exact, il faut les supposer, au moins à un certain degré, de dif-
« férentes grandeurs, ou placées à différentes distances. Toutes les
« deux variations ont certainement lieu. Cette seule considération
« suffit complètement pour démontrer que, quelque vraie que
« soit peutêtre l'hypothèse des grandeurs et de la distribution

« égales, sous un point de vue général, elle ne peut être d'aucun « service, lorsqu'il s'agit d'une grande précision. »

Ce sont les premiers doutes prononcés par Herschel, sur l'égale distribution des étoiles, mais qui ne la rejettent pas encore entièrement pour un usage général, p. e. dans la recherche de la forme totale de la voie lactée.

Nous trouvons aussi qu'il adhère, encore en 1799, à l'ancien système. Car dans son mémoire sur la pénétration, il prouve l'accord entre les distances extrêmes de la voie lactée qu'il a trouvées par deux méthodes tout à fait différentes entre elles, savoir celle des jauges, et celle de la pénétration de son télescope. Ce n'est qu'en 1802 que son jugement se fixa, comme nous le voyons par le passage suivant de l'introduction du dernier catalogue de nébuleuses:

« Aujourd'hui (now), je suis persuadé, par suite d'une longue « inspection et par un examen continuel, que la voie lactée « est composée d'étoiles distribuées tout autrement, que celles « qui nous entourent. »

Enfin il se prononce sans réserve dans les mémoires de 1811 et 1817, dont nous n'avons qu'à citer les deux passages suivants:

(1811) « Si quelqu'un remarque, que dans ce nouvel arrangement, « je ne suis par tout à fait d'accord avec ce que j'ai dit dans « des écrits antérieurs, sur plusieurs objets que j'ai examinés « par mes observations: il faut que j'avoue franchement, qu'en « continuant mes revues (sweeps) du ciel, mon opinion sur « l'arrangement des étoiles et sur leurs grandeurs apparentes, « ainsi que sur plusieurs autres parties, a éprouvé un change- « ment graduel. En effet, en considérant la nouveauté du sujet, « nous ne pourrons être surpris de ce que beaucoup de parties « que nous avons crues hors de doute, se sont manifestées tout

« autre chose, dans l'examen, que ce que j'avais supposé trop « hardiment.

« Par exemple, la distribution égale des étoiles dans l'espace « pourrait être admise en certains calculs. Mais si nous examinons « la voie lactée, ou les amas resserrés d'étoiles dont mes cata- « logues présentent un si grand nombre, cette distribution « égale doit être abandonnée.»

1817) « Quant aux jauges que j'avais prises pour des jauges de di- « stances, en supposant une distribution égale, j'ai à remarquer « à présent, que quoiqu'un plus grand nombre d'étoiles dans « le champ (de la lunette) soit en général une indication de « leur plus grande distance, ces jauges se rapportent, en « réalité, plus directement à la condensation des « étoiles. Elles nous en donnent une notice précieuse et qui « démontre la richesse différente en étoiles, dans les « différentes régions du ciel.»

Voilà donc la première des deux bases du système de 1785 ané ntie, par l'auteur lui même.

2. Voyons maintenant la seconde base, savoir, que dans les jauges il ait atteint effectivement les limites extrêmes de la voie lactée. Il paraît que le jugement de Herschel, sur cet objet, ne se soit fixé que dans ses deux mémoires de 1817 et 1818. Il cite en premier lieu (mém. 1817), 6 jauges dans lesquelles il n'a point réussi à résoudre la voie lactée, même avec son télescope de vingt pieds, amélioré par la vue de front (front view). Nous savons qu'il supposait la limite extrême de la voie lactée, reconnue en 1785, pour la constellation de l'Aigle, à une distance de 497 unités (distances de Sirius). Il dit maintenant, en 1817:

«Par ces observations, il est clair, que l'extrême limite de «la pénétration du télescope de vingt pieds, n'était pas en état

« de sonder la profondeur de la voie lactée. Or, les étoiles qui « sont au dessus de la force de cet instrument, doivent être plus « distantes que le 900-me ordre des distances.»

Puis, il ajoute qu'il faut supposer qu'avec le télescope de 40 pieds la limite visible de la voie lactée s'étend jusqu'à l'ordre 2300-me, et qu'à cette distance, la même incertitude a lieu pour cet instrument, qui se manifestait pour une distance de plus de 900 unités, dans le télescope de vingt pieds. Enfin, dans le mémoire de 1818, il cite encore quatre jauges, où il s'est convaincu que son instrument n'atteignait point la fin de la strate; et il termine cette discussion par le passage suivant:

« Dans ces dix observations, nous voyons que les jauges ap- « pliquées à la voie lactée ont été arrêtées, dans leur progrès, « par la petitesse et la faiblesse extrême des étoiles. Il ne reste « cependant aucun doute sur l'étendue progressive de la région « étoilée. Car, si dans une des observations une nébulosité faible « avait été soupçonnée, l'application d'un grossissement plus fort « démontrait, que l'apparence douteuse était produite par le mé- « lange de nombre d'étoiles, trop petites pour être vues à l'aide « du grossissement plus faible. Nous pouvons donc faire la con- « clusion, que si nos jauges cessent de résoudre la voie lactée « en étoiles, ce n'est point parce que la nature en est douteuse, « mais parce qu'elle est insondable (fathomless).»

Par ces thèses Herschel a anéanti la seconde base de son système antérieur.

3. Nous parvenons donc au résultat peut être inattendu, mais incontestable, que le système de Herschel, énoncé en 1785, sur l'arrangement de la voie lactée, s'écroule de toutes parts, d'après les recherches ultérieures de l'auteur; et que Herschel lui même l'a entièrement abandonné.

III. Développement successif des vues de Herschel sur la voie lactée et les autres parties de l'astronomie stellaire, depuis 1783 jusqu'en 1818.

Il serait incompatible avec l'esprit de Herschel, de supposer qu'il ait détruit son premier système sur la voie lactée, sans le remplacer par de nouvelles vues, basées sur la combinaison de ses recherches toujours plus étendues. Remarquons ici d'abord qu'il existe deux périodes différentes dans les vues générales de Herschel sur l'astronomie stellaire, et qui sont séparées par une époque signalée. Je nommerais la première de ces périodes, celle des vues optiques, et la seconde, celle des vues physiques.

Pour caractériser la première période, qui date du commencement de son activité astronomique, nous avons les thèses suivantes.

1. Les étoiles doubles et multiples présentent en général un phénomène de projection, ou optique. Elles sont cependant d'un haut intérêt pour la science, en offrant le moyen le plus propre pour la détermination de la parallaxe des étoiles fixes, ainsi que du mouvement propre du Soleil.
2. La voie lactée est le produit d'une projection des étoiles également espacées, mais dont il y a des rangées plus longues dans une direction que dans une autre.
3. En prenant pour point de départ, que le nombre des étoiles visibles, la jauge, détermine la longueur du rayon visuel: il est possible de déterminer la forme de la voie lactée, par le dénombrement partiel des étoiles, dans les différentes directions.
4. Une dépendance physique ne se manifeste, dans le ciel étoilé, que dans les riches groupes d'étoiles, et dans les amas d'étoiles ou nébuleuses résolubles, conformément à la démonstration donnée par Michell, à l'aide de la théorie des probabilités.[51]).

5. Les nébuleuses non résolubles ne sont autre chose que des amas très distants d'étoiles; c'est le même phénomène mais sous une apparence différente.

On pourrait dire que l'année 1785, où Herschel donna son analyse de la forme de la voie lactée, est le point culminant de la première période.

La transition de la première période à la seconde s'est accomplie graduellement. En 1791, nous rencontrons pour la première fois, l'idée d'une nébulosité réunie à une étoile, sans qu'elle soit de nature stellaire, et la déduction très concluante, qu'il est inadmissible de supposer que toute nébulosité visible soit le produit d'une réunion d'étoiles. Cependant Herschel doute encore, dans le même mémoire, de la dépendance réciproque des étoiles doubles, comme ε Bootis. En 1794, il s'exprime déjà assez distinctement sur une concentration d'étoiles dans certaines parties de la voie lactée, sans cependant contester l'exactitude générale de son ancien système. Il y adhère même jusqu'en 1799, comme nous l'avons déjà indiqué plus haut. Les nouvelles vues générales sur le ciel stellaire ne prennent une forme décidée, que depuis 1802, par la découverte brillante, et dont il fait l'annonce dans l'introduction du dernier catalogue de nébuleuses, par ces mots:

« Bientôt je présenterai une série d'observations sur les étoile
« doubles, qui démontrera que plusieurs d'entre elles ont effec
« tivement changé leur position relative, en sens progressif e
« qui indique une circulation périodique de l'une autour d
« l'autre, dans un mouvement soit direct soit rétrogarde. »

L'année suivante, 1803, parut l'immortel mémoire sur les *changements dans les positions relatives des étoiles doubles*. La crise, pour ainsi dire, s'était achevée. L'explication presque purement optique des phénomènes stellaires dut être abandonnée, dès que l'action physique était rigoureusement démontrée dans les étoiles doubles.

La seconde période, celle des vues physiques, établie depuis cette époque, contient les 5 thèses fondamentales que voici.

1. Les étoiles doubles et multiples sont en grande partie des systèmes binaires etc. de corps célestes, réunis par une gravitation mutuelle.
2. Dans la voie lactée, nous voyons partout les effets d'une concentration des étoiles, soit plus grande, soit plus petite. Le dénombrement des étoiles dans les jauges ne peut plus servir à déterminer la profondeur du rayon visuel; car il indique, eu égard aux grandeurs apparentes, l'état relatif de condensation.
3. La distance relative des différentes étoiles doit être évaluée par la voie photométrique, c. à. d. par la comparaison de l'éclat des étoiles[52]).
4. Il y a une dépendance physique, analogue à celle qui est démontrée pour les étoiles binaires et multiples, dans les nébuleuses doubles, triples etc., et pareillement entre certaines étoiles et les nébulosités qui les entourent d'une manière particulière. Il existe donc une matière nébuleuse luisante qui n'est pas de nature stellaire. Elle est très généralement répandue dans l'espace céleste, soit en état de diffusion, soit de condensation successive, jusqu'à l'état d'étoile fixe.
5. Quant aux nébuleuses résolubles, il n'existe aucune incertitude, et il est certain qu'un grand nombre d'amas d'étoiles placés à une très grande distance, offrent l'aspect de nébuleuses non résolubles.

Les vues générales de la seconde période, sur la voie lactée, sont indiquées dans ces thèses. Voyons si nous serons en état d'en donner des détails. Remarquons d'abord que, dès 1802, il n'est plus question de la figure de la voie lactée, dans les recherches de Herschel. Elle n'est plus une strate limitée, car elle est insondable, et il devient impossible d'en embrasser la totalité. Herschel en ex-

amine les portions accessibles à la vue fortifiée, et compare ces portions entre elles et avec d'autres régions de la voûte céleste.

Je crois qu'il sera intéressant de poursuivre le développement des idées de Herschel sur la voie lactée, dans les différents mémoires successifs depuis 1802. Le premier exposé général se trouve dans le dernier catalogue des nébuleuses, de 1802. Il y fait une énumération des parties qui entrent dans la construction du ciel, et qui sont les suivantes.

1. Les étoiles isolées. Le Soleil est de cette classe.[53])
2. Les étoiles doubles, ou systèmes stellaires binaires.
3. Les systèmes stellaires plus compliqués.
4. La voie lactée. Nous sommes conduits, dit il, par les étoiles quadruples et multiples, à la considération de la voie lactée. Cette immense collection d'étoiles n'est point uniforme; elle porte partout une tendance à la concentration, à se former en amas condensés vers le milieu (clustering collections). La condensation (compression) dans ses parties augmente en proportion de l'intensité de son éclat.
5. Les groupes d'étoiles. Les étoiles sont réunies ici en dedans d'une certaine figure, mais sans concentration vers un point.
6. Les amas d'étoiles (clusters)[54], qui se distinguent essentiellement des groupes, en ce qu'ils sont ronds et montrent une condensation graduelle et plus rapide vers le centre. Au nombre des amas il faut compter une partie des nébuleuses qui sont des amas placés à une distance énorme. Aussi ces nébuleuses sont-elles les objets les plus éloignés que le télescope nous puisse faire voir.

Nous laissons de côté tout ce qui regarde les nébuleuses diffuses et les étoiles nébuleuses. Ici sur cette partie de l'astronomie stellaire que Herschel traite longuement dans un grand mémoire de 1811, dans lequel il développe ses idées brillantes sur

la formation des étoiles, qui passent successivement de l'état d'une nébulosité diffuse, par une concentration graduelle, à l'état final d'une étoile fixe. On sait, que dans ces idées il s'est rencontré avec les spéculations de Kant[55]), et avec les vues de l'illustre Laplace sur la formation du système solaire, conçues en suivant la route opposée; et que ce grand géomètre a reconnu l'extrême vraisemblance de la classification philosophique des nébuleuses, à laquelle Herschel était parvenu, après qu'il en eut achevé la recherche sur la voûte céleste visible à Slough.[56])

Dans le mémoire de 1814, sur la partie sidérale du ciel et sa connexion avec la partie nébuleuse, nous rencontrons la remarque suivante:

«Si les amas (clusters) sont situés dans des parties très riches du «ciel, ils sont en général de forme irrégulière, et très imparfai«tement concentrés. Les amas qui sont à l'intérieur, ou près de «la voie lactée, doivent être regardés comme autant de portions «de la grande masse, étant rassemblés par l'action du pouvoir de «concentration dont ils prouvent l'existence.»

erschel cite à cette occasion:

20 aggrégations d'étoiles, qui montrent une tendance à la forme d'amas,
112 amas irréguliers,
15 amas de forme indéterminée,
6 amas de forme et de nature particulières,
41 amas considérablement comprimés,
39 amas régulièrement condensés.

ette énumeration, basée sur le complet de ses observations, con-ent en tout 233 amas, dont il y a

146 dans la voie lactée,
63 près de la voie lactée,
24 distantes de la voie lactée.

Tous ces amas diffèrent essentiellement de ceux d'une autre classe, nommés par lui amas globulaires, (globular clusters), et qu'il regarde comme les objets les plus intéressants du ciel. Il en cite, en premier lieu, 14 luisants, et ajoute deux classes de miniatures successives, au nombre de 16. Le total fait 30 amas globulaires, dont 11 dans la voie lactée, 6 voisins et 14 ailleurs. On voit tout de suite, que les amas globulaires ne se trouvent point en telle prépondérance dans la voie lactée, que ceux qui sont de forme plus ou moins irrégulière.

En réunissant les amas trouvés par Herschel, et en considérant que les amas dits voisins de la voie lactée, y appartiennent également, car ils se trouvent dans les parties moins riches et sur les bords de cette trace, nous avons un nombre total de 263 amas dont

225 sont dans la voie lactée,
38 hors de la voie lactée.

En supposant une largeur moyenne de 10 degrés de la voie lactée, elle prend, dans son étendue totale, visible à Slough, un douzième de la voûte céleste, et un neuvième de la partie du firmament visible à Herschel. Nous apprenons donc, par ces énumérations, que la voie lactée est 54 fois plus abondante en amas d'étoiles, que les autres parties du ciel.[57]) Il faut donc regarder la voie lactée comme une collection immense d'amas d'étoiles, surtout irrégulièrement condensés.

Plusieurs de ces amas se groupent de nouveau, et forment ainsi les nuances de la voie lactée, que nous voyons à l'oeil nu. Herschel cite 18 nuances remarquables sur une étendue totale d'environ 130 degrés, dans les deux branches de la voie lactée, depuis le Sagittaire jusqu'à la queue du Cygne, et au delà dans sa continuation simple jusqu'à la constellation de Persée.[58])

Le mémoire de 1817 se rapporte directement à l'arrangement

des corps célestes dans l'espace et à l'étendue et l'état de la voie lactée. Herschel y fait un grand usage du principe de l'égalisation de l'éclat des étoiles, pour parvenir, par la voie photométrique, à une comparaison entre les classes de grandeur apparente et les ordres de distance. Par les expériences photométriques faites sur nombre d'étoiles, depuis Sirius, Capella et α Lyrae jusqu'aux étoiles de sixième grandeur, il établit que les dernières étoiles de sixième grandeur sont 12 fois plus éloignées, que les étoiles de première grandeur. La vue simple porte donc à la distance de 12 unités = distances moyennes des étoiles de première grandeur. En combinant ce résultat avec les données de ses recherches sur la pénétration des télescopes,[59]) il trouve que dans son télescope de vingt pieds, employé dans es jauges et qui pénètre 61 fois plus loin dans l'espace que l'oeil nu, les dernières étoiles visibles sont à la distance de 61 fois 12, ou de 734 unités. Le même télescope, doué par la vue de front d'une pénétration = 75, portait la vue à 900 unités. Son grand télescope de 40 pieds qui avait une pénétration de 195, étendait par conséquent la visibilité des étoiles jusqu'à la distance de 2300 unités. Ayant achevé ces préparatifs, Herchel examine l'arrangement de la voie lactée, et parvient aux thèses suivantes.

1. La voie lactée, vue à l'oeil nu, présente la forme d'une succession de morceaux luisants (taches, patches) différemment condensés et entremêlés d'autres morceaux d'une teinte plus faible. (C'est ici qu'il fait l'énumération détaillée des 18 nuances de la voie lactée, indiquées en 1814).
2. La largeur de la voie lactée est très inégale. Il y a des endroits, où elle ne dépasse guère 5 degrés. En d'autres, elle va à 16 degrés. Dans une partie de sa trace, elle présente une branche séparée de 120° de long (it runs in a divided clustering stream). Les deux branches entre le Serpentaire et Antinoüs s'étendent en large au delà de 22 degrés.

3. Puis il examine l'aspect de la voie lactée, que présentent les télescopes d'une pénétration graduellement croissante, depuis 2 fois jusqu'à 27 fois la force naturelle de l'oeil. Il compare les aspects obtenus entre eux et avec ses jauges de 1785, et d'autres, faites plus tard avec l'instrument amélioré, d'une pénétration de 75. Il parvient ainsi à la certitude que l'étendue visible de la voie lactée augmente avec la force de l'instrument employé, qu'il lui est impossible de reconnaître par ses moyens la fin de la voie lactée, que même le télescope de 40 pieds n'aide qu'à étendre la reconnaissance de la voie lactée, qui est insondable.

4. L'éclat des étoiles d'Orion nous indique une portion de la voie lactée très voisine de l'endroit du Soleil. Dans la direction du Licorne, près de l'équateur, il y a une interruption ou un vide d'étoiles, entre le Soleil et les parties plus distantes de la voie lactée. Un autre vide se trouve, à partir du Soleil, vers la couronne de Céphée.

5. Supposons une largeur apparente de 5 degrés de la voie lactée, dans ses parties éloignées de 900 unités (distances de Sirius), nous aurons pour la largeur linéaire une valeur de 78 unités. Donc, la voie lactée déborde de beaucoup l'étendue de la vue simple, même en large. Dans la direction de ses pôles, elle s'étend jusqu'à trois fois la distance des dernières étoiles visibles à l'oeil. « D'où suit que non seulement notre Soleil, mais tou« tes les étoiles que nous pouvons voir à l'oeil, sont « profondément plongées dans la voie lactée et en for« ment une portion intégrante. »

Il nous reste l'analyse du dernier des mémoires de Herschel, publié en 1818, et qui a un double but

de déterminer les distances relatives des amas d'étoiles (clusters);

et de rechercher jusqu'à quelle profondeur le téle-

scope pénètre dans l'espace, quand il est dirigé sur les objets célestes de nature douteuse.

On voit que ce mémoire est en liaison très intime avec la recherche de la voie lactée; car il a été prouvé que les amas d'étoiles en forment les parties constituantes. Herschel examine, en suivant la voie photométrique, indiquée dans le mémoire précédent de 1817, les différentes forces de pénétration qu'il faut employer pour la résolution des amas en étoiles. Il examine spécialement 47 amas, dont 31 sont dans la voie lactée, 16 dans d'autres régions du ciel. Le minimum de la distance d'un amas est de 144 unités (distances de Sirius), et le maximum de 980 unités, dans l'une et l'autre classe. Tous les amas de la voie lactée sont donc en dedans des limites visibles de la voie lactée, et en font partie. Les distances des amas d'étoiles qui se voient hors de la voie lactée sont à peu près les mêmes, que celles des amas de cette trace.

Le mémoire de 1818 se termine par quelques considérations générales, et dont voici à peu près le contenu :

« Dans la profondeur des régions célestes, nous avons reconnu, « jusqu'à présent, deux principes différents, le principe nébuleux « et le principe sidéral. La lumière de la matière nébuleuse est « comparativement très faible, et, à l'exception de quelques cas, « invisible à l'oeil nu. Elle est en général largement (widely) « répandue sur une grande étendue de l'espace, en se soustrayant « ainsi, à la vue, par son extrême faiblesse. La lumière des étoi- « les, au contraire, est comparativement très brillante et concen- « trée dans un point. » La réunion des étoiles forme les amas qui, placés à une distance suffisamment grande, doivent offrir l'aspect des nébuleuses non résolubles. « Or, il est extrêmement pro- « bable que quelques unes des nébuleuses cométiques, plusieurs « parmi les nébuleuses planétaires et un nombre considérable « de nébuleuses stellaires, sont des amas déguisés d'étoiles, étant

« plongées aussi profondement dans l'espace, que le pouvoir jau-
« geant du télescope n'ait pu jusqu'ici les atteindre. » Les amas d'étoiles sont les objets les plus distants que les télescopes nous indiquent, par le concours de la lumière d'un grand nombre d'étoiles, réunies dans un champ étroit. La 75-ème des nébuleuses de la *Connaissance des temps* est un amas dont la distance se trouve = 734 unités. Elle est invisible à l'oeil nu, qui la verrait si sa distance était réduite au quart, ou à 184 unités. Le télescope de 20 pieds la montrerait encore, mais comme nébuleuse non résoluble, à la distance de 13707 unités, et le télescope de 40 pieds même à la distance de 35175 fois celle de Sirius.

Heureux mortel que fut Herschel, de jouir, à l'age de 80 ans, d'une pénétration de l'esprit et d'une clarté du jugement qui le firent composer ses deux derniers mémoires, remplis d'une spéculation sublime et profonde !

12. Progrès de l'astronomie stellaire depuis W. Herschel jusqu'à l'époque actuelle.

Dans l'analyse précédente des travaux de Herschel relatifs à la voie lactée, il a été indispensable de toucher en partie aussi les recherches qu'il a faites dans les autres sections de l'astronomie stellaire. Jetons maintenant un coup d'oeil général sur l'historique des progrès que la science stellaire à faits, depuis le décès de cet astronome jusque vers l'époque actuelle, en suivant les six sections indiquées p. 23.

1. Les idées de Herschel sur le corps opaque du Soleil, entouré d'une enveloppe luisante et composée de plusieurs couches, est généralement adoptée, étant déduite des phénomènes observés, par des considérations géométriques. Mais laissons le Soleil de côté, comme appartenant au système particulier dont il est le

corps central. Quant aux phénomènes des étoiles changeantes, ils ont été l'objet des études soignées de plusieurs astronomes, surtout de Westphal, d'Olbers, de Sir J. Herschel et de M. Argelander.[60]) Ce savant astronome nous a donné en outre son bel atlas céleste, accompagné d'un catalogue. Dans cet excellent ouvrage, toutes les étoiles visibles à l'oeil nu, à Bonn, ont été indiquées pour la première fois avec une exacte notation de la grandeur apparente, donnée d'après un examen réitéré et comparatif, fait sur le ciel. Ce travail et les quatre catalogues de Herschel sur l'éclat comparatif des étoiles serviront de base aux recherches futures sur la périodicité séculaire dans l'éclat apparent des étoiles[61]).

2. Quant à la parallaxe des étoiles fixes, les efforts de Herschel avaient été sans résultat. C'est qu'à cette époque, les micromètres étaient encore trop imparfaits pour les observations précises que cette recherche délicate réclame. Mais enfin les efforts des astronomes ont été couronnés d'un succès réel. L'astronomie de nos jours se glorifie de marquer l'époque, où l'échelle des distances du monde stellaire a été reconnue, au moins pour quelques cas spéciaux. Nous reviendrons sur cette matière dans la seconde partie de ce rapport.

3. Le mouvement propre apparent d'une étoile fixe est le résultat du mouvement réel de l'étoile, et du mouvement parallactique que produit le déplacement du Soleil dans l'espace, s'il existe. La science avait à découvrir ce déplacement, dont l'effet sur chaque étoile était caché par le mouvement réel de cette dernière. Cette séparation était tellement épineuse, que Bessel, dans ces célèbres *Fundamenta* qui fournirent les premières connaissances précises sur les mouvements apparents d'un grand nombre d'étoiles, n'a pas cru pouvoir donner son assentiment à l'opinion énoncée par Sir W. Herschel sur le déplacement du

système solaire dans la direction de la constellation d'Hercule, opinion qui n'avait été basée que sur un nombre comparativement petit de données. Il a été réservé à M. Argelander de mettre la réalité du mouvement du Soleil hors de contestation, et d'en déterminer la direction, à l'aide d'une belle série d'observations, sur les lieux d'un grand nombre d'étoiles, faite à Abo, et qu'il compara aux lieux trouvés par Bradley, pour l'époque de 1755. L'Académie, après avoir publié, dans ses Mémoires, le travail de M. Argelander sur le mouvement propre du Soleil, a cru devoir en reconnaître le haut mérite, en lui décernant, en 1836, un prix Démidoff. Depuis, un second pas a été fait dans cette recherche par M. O. Struve qui, profitant des positions d'un grand nombre d'étoiles déterminées, pour 1825, à Dorpat, a réussi d'évaluer aussi la vitesse angulaire du mouvement solaire, vu de la distance moyenne des étoiles de première grandeur, et de vérifier la direction de ce mouvement, donnée par M. Argelander.

Naguère le grand Bessel, enlevé depuis à la science, avait tenté de donner une nouvelle direction à la recherche des mouvements propres des étoiles. Le déplacement d'une étoile dans l'espace doit dévier de la ligne droite, par suite de l'attraction qu'exercent les autres corps célestes sur l'étoile en mouvement. Cette thèse est incontestable, depuis que la science a reconnu que la gravitation existe au delà des limites du système solaire, s'étant manifestée, selon Herschel, dans la concentration des étoiles en amas, et le plus distinctement dans les orbites des étoiles doubles. Jusqu'ici, tous les mouvements propres des étoiles ont été regardés comme faits en ligne droite, et l'on supposait que les déviations produites par l'attraction étaient trop petites, pour devenir sensibles, dans le court espace de 75 ans écoulés depuis Bradley jusqu'à l'époque des observations d'Abo; ou que les périodes des étoiles mouvantes étaient d'une durée extrêmement

grande. Bessel crut pouvoir démontrer que dans deux des étoiles dont le mouvement propre a été reconnu, Sirius et Procyon, le mouvement rectiligne n'existe pas, et que par conséquent l'effet de l'attraction s'y était déjà manifesté. Par suite d'une analyse exacte, il reconnut que la cause de cette attraction ne peut être cherchée, que dans un corps de grande masse et assez voisin de l'étoile. Or, comme un tel corps n'était point visible, il se vit engagé à admettre pour chacune des deux étoiles un grand corps opaque, autour duquel l'étoile décrit son orbite. La conclusion est de toute rigueur. Voilà donc une immense perspective qui s'ouvre à la science. Mais j'avoue, qu'il me paraît permis de révoquer encore en doute le fait d'un mouvement non uniforme attesté par l'observation, et d'attribuer la déviation apparente à l'imperfection des observations. En tout cas, c'est un objet qui mérite la plus haute attention, et qui nous engage à augmenter au possible l'exactitude des observations qui déterminent les lieux apparents des étoiles [62]).

M. Maedler de Dorpat a envisagé, depuis, le mouvement propre des étoiles sous un point de vue opposé. Il croit que les Pléïades forment le groupe central du système de la voie lactée, et que la plus brillante étoile de ce groupe, Alcyone, peut être regardée comme soleil central de la voie lactée, autour duquel toutes les étoiles se meuvent avec une vitesse moyenne angulaire identique, quelle que soit la distance linéaire au corps central, et l'inclinaison de l'orbite. Une hypothèse analogue a été énoncée par Sir J. Herschel en 1833 [63]), comme celle qui rend possible la stabilité du système d'un amas globulaire, dans lequel un très grand nombre d'étoiles, de même grandeur et uniformément espacées, se trouvent réunies. En reconnaissant la hardiesse de l'application de cette hypothèse au système de la voie lactée entière, je crois qu'elle est beaucoup trop hasardée pour l'état actuel de la science, et qu'elle

est exposée à des objections très graves, soit théoriques, soit du côté des phénomènes célestes.

4. Dans la partie de l'astronomie stellaire qui regarde les étoiles doubles et multiples, les progrès es plus brillants ont été faits, depuis l'essor pris par Herschel. Les matériaux se sont immensément accrûs, la théorie est parvenue à déterminer les éléments des orbites d'un nombre considérable de systèmes binaires, et les périodes des révolutions; ella a reconnu que tous ces mouvements s'exécutent d'après les lois kepplériennes, ou que les lois de la gravitation, établies dans le système solaire, sont des lois générales de l'univers visible. Par des moyens instrumentaux puissants, accordés par la munificence Impériale, deux des observatoires Russes, ceux de Dorpat et de Poulkova, peuvent se vanter d'avoir le plus efficacement contribué à ces progrès. Sir John Herschel, dans son séjour au Cap, a étendu la recherche des étoiles doubles jusqu'aux régions célestes antarctiques. Enfin presque tous les observatoires du monde, soit publics soit privés, et qui sont en possession de télescopes d'une force distinguée, vouent aujourd'hui une partie de leur activité à l'exploration ultérieure des phénomènes que nous présentent les systèmes stellaires composés.[64])

5. L'étude du ciel nébuleux paraît être le domaine presque exclusif des Herschel. Les vastes travaux du père ont été répétés en majeure partie par Sir John Herschel qui publia, en 1833, son nouveau catalogue contenant les positions et les descriptions soignées de 2306 amas et nébuleuses, dont 1800 à peu près sont identiques avec les nébuleuses de Sir W. Herschel, et 500 nouvelles. Par ce grand travail, exécuté dans les veilles de 8 années consécutives, le nombre des nébuleuses revues en Europe s'élève à environ 3000. La connaissance des nébuleuses de la portion de la voûte céleste qui ne se voit pas en Europe, restait long-

temps imparfaite. Le nombre de 42 amas et nébuleuses, reconnues par les faibles lunettes de Lacaille, ne fut augmenté qu'en 1827, par la publication que fit Dunlop, d'un catalogue de 629 nébuleuses et amas observés à Paramatta, en Nouvelle Hollande, à l'aide d'un télescope newtonien de 9 pouces d'ouverture. C'est par ce travail que nous avons reçu les premières notices exactes sur les deux nuées, dites de Magellan. Le petit nuage, selon Dunlop, est probablement un bel échantillon de la nébulosité dont est composée la partie éloignée de la voie lactée. Le grand nuage, dit-il, ressemble, en éclat, à la partie de la voie lactée, visible dans l'Écu de Sobieski. Ces indications confirment l'opinion de Lacaille qui regardait les deux nuées comme portions détachées de la voie lactée.

Un excellent résumé des phénomènes des amas et des nébuleuses du ciel a été donné dans l'astronomie de Sir J. Herschel, en 1833, époque où il avait achevé son catalogue. Nous espérons que cet illustre astronome nous donnera bientôt, ses vues détaillées sur cette partie de l'astronomie stellaire, car c'est lui qui y est spécialement appelé, comme étant le seul parmi les astronomes qui ait examiné la voûte céleste entière. Tout le monde sait que Sir J. Herschel a fait au Cap un séjour de 4 ans, pour y compléter les travaux qui immortalisent le nom de Herschel, en les étendant sur les parties du ciel invisibles en Europe. C'est avec la plus vive impatience que les astronomes attendent les publications sur les travaux du Cap, que ce savant a annoncées, depuis son retour en 1838.

Quant à l'explication de la voie lactée, la science est restée à peu près stationnaire, depuis le décès de Sir W. Herschel. Mais on peut demander, pourquoi les astronomes ont-ils maintenu généralement l'ancien système sur la voie lactée, énoncé en 1785, quoiqu'il eût été entièrement abandonné par l'auteur lui-

même, comme nous l'avons démontré. Je crois qu'il faut en chercher l'explication dans deux circonstances. C'était un système entier, imposant par la hardiesse et la précision géométrique de sa construction, et que l'auteur n'avait jamais révoqué dans sa totalité. Dans ses traités, publiés depuis 1802, on ne rencontre que des vues partielles, mais qui suffisent, en les comparant entre elles, à comprendre l'idée finale du grand astronome. Nulle part les matériaux complets ne sont plus indispensables, que pour un succès réel dans l'explication de la voie lactée. C'est pourquoi nous nous félicitons du surcroît inappréciable, que fourniront les travaux de Sir John Herschel, qui a appliqué la méthode des jauges aux régions célestes antarctiques, où il a fait le dénombrement de 70000 étoiles, dans 2300 champs de son télescope.[65])

RECHERCHES SUR LA VOIE LACTÉE, DONNÉES DANS L'INTRODUCTION DU CATALOGUS REGIOMONTANUS.

Dans la *Description de l'Observatoire central*, p. 268—271, j'ai eu l'occasion de produire quelques idées, sur la constitution de la voie lactée, que m'avait fournies la distribution des étoiles jusqu'à la septième grandeur, reconnue dans une révision de l'hémisphère boréal faite à Poulkova. Ayant cependant senti que les matériaux employés étaient trop incomplets, en ne s'étendant que jusqu'aux étoiles de septième grandeur, et qu'ils manquaient même de l'uniformité requise dans la notation des grandeurs apparentes,[66]) je n'hésitai point à reprendre la recherche, lors de l'achèvement de l'impression du catalogue d'étoiles, calculé par M. Weisse sur les zones de Bessel, et publié par notre Académie. Dans l'introduction

de ce catalogue que j'ai composée, la distribution des étoiles forme l'objet principal de la recherche. Je donnerai maintenant un résumé des résultats auxquels je suis parvenu, en remarquant que ce ne sera point une simple répétition de ce que j'ai dit dans l'introduction du catalogue, mais en majeure partie une discussion ultérieure, à laquelle je me sens engagé, surtout par une nouvelle étude des mémoires de Sir W. Herschel, faite depuis, et dont les résultats ont été exposés dans la partie historique de ce rapport. En effet, je me suis convaincu, que mes idées actuelles, sur la voie lactée, ne sont en opposition qu'avec le système de Herschel de 1785, mais extrêmement conformes aux vues postérieures de ce grand astronome.

L'astronomie moderne possède deux grands travaux relatifs à la détermination d'un grand nombre d'étoiles fixes, visibles en Europe, et qui furent exécutés par Lalande à Paris, depuis 1789 jusqu'en 1800, et par Bessel et M. Argelander, à Koenigsberg et à Bonn, depuis 1821 jusqu'en 1844. Dans ces travaux, le ciel a été divisé en zones de 2° de large en déclinaison. Les positions des étoiles identiques dans les deux travaux, distants de 20 à 60 ans entre eux, nous fourniront sans doute de nouveaux matériaux précieux sur les mouvements propres des étoiles. Mais pour cette comparaison, des catalogues arrangés sont indispensables. L'Association Britannique a fait exécuter la réduction complète de *l'Histoire céleste* de Lalande, et l'édition achevée de ce catalogue a été annoncée, dans la dernière réunion annuelle de cette société. M. Weisse, directeur de l'Observatoire de Cracovie, s'était chargé du même travail de réduction et d'arrangement, pour la portion des zones besséliennes, qui va depuis — 15° jusqu'à + 15° de déclinaison. L'édition de ce catalogue[67]) est donc un service important rendu par notre Academie à la science.[68]) Il est à désirer que le reste des zones soit réduit également et le plus tôt possible, en forme de catalogue arrangé.

Le catalogue de M. Weisse contient les positions de 31895 étoiles, réduites à l'époque de 1825,0. La plupart des étoiles ont été observées une seule fois, conformément au plan du travail. Il se trouve cependant 4776 étoiles observées à deux ou plusieurs reprises. 807 étoiles sont situées au delà des limites exactes — 15° 0′ et + 15° 0′. En les rejetant, ainsi que trois étoiles de dixième grandeur, nous avons 31085 étoiles différentes dans la Zone*) indiquée de 30° de large en déclinaison. Selon les classes de grandeur apparente, le total se divise en**):

664 étoiles luisantes ou des grandeurs 1 à 6,
2500 „ de 7-ème grandeur,
8183 „ „ 8-ème „ ,
19738 „ „ 9-ème „ .

Ces chiffres ne représentent cependant point les nombres des étoiles existantes de la Zone, nombres qui, par la nature des observations, doivent être plus grands. En comparant p. e. notre catalogue à l'*Uranométria*, nous trouvons que des 1014 étoiles visibles de M. Argelander, le catalogue contient 825, ou 81 pour cent. Si cette relation était générale, pour toutes les classes de l'éclat et pour l'étendue totale du catalogue, on n'aurait, pour trouver les chiffres des étoiles existantes, qu'à diviser les chiffres des étoiles du catalogue par $P = 0{,}8136$. Ce procédé donnerait 39146 étoiles existantes de la Zone, des grandeurs 1 à 9. Or ce chiffre doit être très inexact; car la chance de manquer une étoile, dans son passage imprévu par le champ éclairé de la lunette, en mouvement entre les limites d'une zone de 2 degrés en large, augmente soit pour les étoiles plus faibles, soit dans les régions les plus riches en étoiles. Il fallait donc comparer notre catalogue à un autre catalogue qui offre un grand nombre d'étoiles, au delà de la sixième grandeur, ou télescopiques.

*) Pour éviter l'équivoque, j'écris Zone avec une majuscule, pour désigner la portion du ciel contenue entre — 15° et + 15° de déclinaison.

Le célèbre catalogue de Piazzi contient 7646 étoiles, dont 2502 appartiennent à notre Zone. Les étoiles de 9-ème grandeur sont cependant rares chez Piazzi. En les rejetant, et eu égard aux différences des notations de l'éclat selon Piazzi et Bessel[70]), nous trouvons, que

dans les grandeurs	1 à 6	7	8	1 à 8	B., notation de Bessel,
le catalogue de Piazzi contient	806	627	907	2339	étoiles,
dont se trouve dans notre catalogue	660	533	727	1920	„

En prenant les deux derniers chiffres, nous recevons une plénitude moyenne du catalogue, $P = 0{,}8209$, pour les étoiles des grandeurs 1 à 8, qui ne s'écarte que très peu de celle que nous a fournie la comparaison du catalogue à l'Uranométrie, savoir $P = 0{,}8136$, pour les étoiles des grandeurs 1 à 6. Mais la plénitude P de notre catalogue change encore considérablement, selon les heures de l'ascension droite, étant la plus grande dans les heures pauvres en étoiles, et la plus petite dans les heures les plus riches. Nous trouvons p. e. que dans l'heure XII de l'ascension droite, il y a 121 étoiles de Piazzi, des grandeurs 1 à 8, dont 111 dans notre catalogue, d'où suit $P \doteq 0{,}9174$; tandis que l'heure XX, qui est très riche, donne 206 étoiles de Piazzi dont 144 dans notre catalogue, et $P = 0{,}6990$. Pour l'heure VI, la plus riche de toutes, en étoiles, nous avons même $P = 0{,}5687$. Donc, dans notre catalogue, 8 pour cent des étoiles existantes manquent à l'heure XII, 30 pour cent à l'heure XX, et 43 pour cent à l'heure VI. Nous voilà forcés à abandonner les plénitudes moyennes, et à recourir aux plénitudes partielles, selon les différentes heures d'ascension droite, et selon les classes de l'éclat, pour parvenir au nombre probable des étoiles existantes, dans chaque heure à part et dans la Zone totale, d'après les divisions de la grandeur apparente. Par cette voie, nous apprenons que notre Zone céleste contient 14460 étoiles existantes, des grandeurs 1 à 8, dont 11347 avaient été ob-

servées par Bessel, et que la plénitude moyenne de notre catalogue, pour ces classes de l'éclat, est $P = 0.7847$.

Ces chiffres se distribuent de la manière suivante :

dans les grandeurs	1 à 6 A.	7 B'.	8 B.	1 à 8 B.
nombre des étoiles existantes	1014	2889	10557	14460
« « « du catalogue	825	2339	8183	11347
$P =$	0.8136	0.8096	0.7754	0,7847.

J'ai designé ici par 7 B.' les étoiles restantes, en soustrayant du nombre des étoiles 1 à 7B., le nombre des étoiles 1 à 6A. = 1 à 6,65B.

Les plénitudes moyennes du catalogue diminuent par conséquent un peu dans les classes successives de l'éclat. 6, 7 et 8. Il est à présumer que cette diminution devienne plus rapide dans la classe suivante.

Il nous reste l'évaluation du nombre des étoiles de neuvième grandeur, existantes dans notre Zone. Ici le catalogue de Piazzi ne suffit plus, parce qu'il offre un trop petit nombre d'étoiles de comparaison, pour servir de base à un résultat exact. Heureusement une autre voie de recherche se présente. Parmi les 31085 étoiles observées de notre Zone, il y a 4614 qui ont été répétées, c. à. d. observées deux ou plusieurs fois. En séparant ce nombre en deux classes, nous voyons que

parmi les 11347 ét. des gr. 1 à 8, il y a 2289 ét. répétées; ou 1 parmi 5,
« « 19738 « de 9-ème gr., « 2485 « « « 1 « 8.

Cette différence s'explique par la circonstance, que les étoiles de neuvième grandeur ont été passées, dans l'observation, en plus grand nombre, que les étoiles plus luisantes. En appliquant l'analyse[1] au cas présent, on parvient, par la combinaison des plénitudes connues, pour les étoiles des grandeurs 1 à 8, avec les répétitions correspondantes, soit des étoiles de ces classes, soit des étoiles de neuvième grandeur, à la connaissance des plénitudes pour les étoiles de neuvième grandeur, dans les différentes heures de l'ascension

droite, et ainsi aux nombres probables des étoiles existantes de cette grandeur. La somme des chiffres trouvés ainsi pour les heures, nous indique 37739 étoiles existantes de neuvième grandeur, dont 19738 ont été observées par Bessel, ou une plénitude moyenne $P = 0{,}5230$, beaucoup plus petite pour les étoiles de neuvième grandeur, que celle qui convient aux autres étoiles plus luisantes $P = 0{,}7847$.

Si nous réunissons maintenant toutes les classes de l'éclat, dont il est question ici, nous avons:

31085 étoiles des gr. 1 à 9, observées par Bessel,
52199 « « « « , existantes dans la Zone;

et $P = 0{,}5955$, la plénitude moyenne générale de notre catalogue.

De ces chiffres nous tirons la conséquence que le catalogue que nous avons publié, donne en général

78 pour cent des étoiles des grandeurs 1 à 8,
52 « « « « de 9-ème grandeur,
60 « « « « des grandeurs 1 à 9.

Mais les pour cent varient encore dans les heures, et une table générale de la plénitude du catalogue que j'ai calculée, fait voir qu'il y a un maximum absolu de 91 pour cent dans l'heure II, pour les étoiles des grandeurs 1 à 8, et un minimum de 39 pour cent, dans l'heure VI des étoiles de 9-ème grandeur.

J'ai montré déjà en 1827, qu'en divisant la voûte céleste visible en Europe, par des cercles parallèles à l'équateur, il se manifeste, dans les zones ainsi formées, une distribution presque uniforme des étoiles, si l'on considère à la fois les 24 heures de l'ascension droite, mais qu'une condensation variable se prononce, pour chaque zone, dans les heures successives de l'ascension droite. Le tableau suivant et qui résume les résultats numériques de notre recherche actuelle, nous servira de guide dans l'examen de la distribution des étoiles, dans les heures de notre Zone de 30 degrés de large en déclinaison.

Nombres des étoiles existantes, selon les différentes classes de l'éclat, dans la Zone comprise entre — 15° et + 15° de déclinaison.

Heures.	1 à 5,0 A.	6 A.	7 B'.	8 B.	9 B.	1 à 6 A.	1 à 9 B.
I.	10	19	106	297	1084	29	1516
II.	14	26	86	340	1143	40	1609
III.	16	29	85	340	1077	45	1547
IV.	21	46	115	475	1489	67	2146
V.	35	57	124	599	1927	92	2742
VI.	18	46	192	848	3318	64	4422
VII.	8	28	131	594	2814	36	3575
VIII.	15	17	146	508	2168	32	2854
IX.	16	24	104	369	1460	40	1973
X.	10	16	109	382	1114	26	1631
XI.	15	15	106	305	1356	30	1797
XII.	8	23	74	300	1199	31	1604
XIII.	11	25	100	323	1074	36	1533
XIV.	14	21	100	368	1263	35	1766
XV.	13	18	127	368	1370	31	1896
XVI.	12	23	148	337	1141	35	1661
XVII.	20	11	194	488	1398	31	2111
XVIII.	15	23	199	803	2189	38	3229
XIX.	14	41	167	621	1908	55	2751
XX.	19	31	114	520	1882	50	2566
XXI.	15	35	84	356	1262	50	1752
XXII.	18	24	95	350	1165	42	1652
XXIII.	16	29	95	308	1363	45	1811
0	9	25	88	358	1575	34	2055.

En regardant la dernière colonne qui se rapporte à la totalité des étoiles des grandeurs 1 à 9, nous voyons que les chiffres vont en croissant, depuis l'heure I jusqu'à l'heure VI; puis en diminuant jusqu'à l'heure XIII. Ici commence une seconde augmentation qui atteint le second maximum à l'heure XVIII, d'où se manifeste la seconde diminution jusqu'à l'heure 0. Cette marche des chiffres nous engage à diviser la Zone totale en 6 régions, chacune de 4 heures, dont deux riches en étoiles, quatre pauvres. Les deux régions riches embrassent les heures V à VIII et XVII à XX.

L'on réconnaît encore mieux la marche générale de la distribution des étoiles, en comparant, dans les différentes classes de l'éclat, le nombre des étoiles d'une heure quelconque au nombre moyen de toutes les 24 heures. Nous avons eu p. e., en tout, 37739 étoiles de neuvième grandeur, ce qui donne, pour chaque heure, un nombre moyen de 1572 étoiles. Mais dans l'heure I, il existe 1084 étoiles, et dans l'heure VI, il en est 3318. Ces deux nombres divisés par 1572, donnent 0,689 et 2,110, chiffres qui expriment les densités des deux heures, relatives à la densité moyenne. Une table de ces densités a été donnée dans l'introduction du catalogue.

J'ai représenté ces densités même graphiquement, dans une des planches ajoutées à l'ouvrage, pour 5 différentes divisions de l'éclat, savoir pour les grandeurs 1 à 5, 6, 7, 8 et 9. Une ligne courbe indique, dans chaque classe, la marche de la densité exprimée par l'ordonnée, dont l'abcisse exprime les heures de l'ascension droite. La ressemblance des courbes, pour les grandeur 7, 8 et 9, est frappante, dans toutes les heures de l'ascension droite; elle existe aussi, pour les grandeurs 1 à 6, mais un peu modifiée, surtout dans les dernières heures de l'ascension droite.

Pour gagner des idées plus complètes, il fallait avoir une échelle des distances relatives, entre le Soleil et les étoiles des différentes classes de grandeur. Nous verrons, plus tard, que l'on est

autorisé d'admettre approximativement une distribution des étoiles proportionnelle aux espaces, dans les deux régions riches de notre Zone. En prenant maintenant pour unité des distances le rayon d'une sphère qui renferme toutes les étoiles visibles à l'oeil nu, selon M. Argelander, nous parvenons aux rayons suivants des sphères dont les surfaces séparent les étoiles d'une classe, de celles de la suivante, ou aux distances extrêmes des étoiles de chaque classe de l'éclat [72]):

grandeur apparente	5 A.	6 A.	7 B.	8 B.	9 B.
rayon	0,7126*a*	*a*	1,6113*a*	2,5560*a*	3,9350*a*.

C'est donc une sphère d'un rayon à peu près 4 fois plus grand que la distance extrême des étoiles visibles à l'oeil nu, qui est l'objet de notre étude, non pas dans sa totalité, mais dans une portion située des deux côtés de l'équateur céleste, et qui est terminée par deux surfaces coniques inclinées de 15° à l'équateur, et dont le sommet est placé dans le Soleil. En considérant maintenant que nous avons fait abstraction des déclinaisons, dans notre recherche sur la distribution des étoiles, les chiffres obtenus des densités peuvent être regardés comme valables, pour un disque équatoréal, d'une épaisseur indéterminée, et dont le rayon est égal à celui de la sphère totale.

Une seconde planche ajoutée à la préface du catalogue représente ce disque equatoreal, avec les densités relatives, exprimées par l'intensité de l'ombre. Le Soleil occupe le centre de la figure. Les rayons des cercles qui terminent les differentes classes de l'éclat sont indiqués également en bas de la figure. La périphérie extérieure du disque est donc à la distance extrême des etoiles de 9-ème grandeur. Le cercle qui renferme les etoiles visibles à l'oeil nu, se distingue dans la figure. C'est en dedans de ce cercle que nous voyons le plus de detail de la distribution des etoiles, par suite naturelle du petit éloignement. Cependant les parties du disque, situées au delà

cette partie centrale, sont les plus propres pour juger des lois générales de la distribution; car c'est là que l'influence des irrégularités accidentelles est moins sensible.

En combinant à présent tous les matériaux dont je viens de donner l'exposition, nous parvenons aux thèses suivantes sur la distribution des étoiles dans le disque équatoréal.

1. Le Soleil qui occupe le centre du disque, est entouré, de tous côtes, d'étoiles des 9 classes d'éclat. Mais il se manifeste une inégalité frappante dans la distribution des étoiles, et qui consiste en une condensation graduelle vers une ligne principale, qui est à peu près un diamètre, situé entre les points $6^h\ 40'$ et $18^h\ 40'$ de la périphérie. C'est sur ces deux directions, que tombent les plus grandes densités, soit générales, soit des classes 7, 8 et 9 de l'éclat.

2. Les plus petites densités tombent sur le diamètre situé entre les points $1^h\ 30'$ et $13^h\ 30'$ de la périphérie. Ce diamètre fait un angle de 78^0 avec celui des plus grandes densités.

3. Nous ne pouvons admettre, pour la condensation, d'autre loi que celle, qu'en divisant le disque en bandes parallèles au diamètre principal, la densité dans ces bandes successives diminue, des deux côtés du diamètre principal, avec la distance à ce diamètre. Si nous comparons, pour les étoiles de 9-ème grandeur, la moyenne $= 1,751$ des deux plus grandes densités, des heures VI et XVIII, avec la moyenne $= 0,686$ des deux plus petites densités, des heures I et XIII, nous recevons la fraction $0,686 : 1,751 = 0,392$. pour la densité d'une bande qui est éloignée au diamètre principal de la distance moyenne des étoiles de neuvième grandeur $= 3,415a$, en supposant que la densité $= 1$ a lieu aux environs du diamètre principal.

4. La régularité de la distribution des étoiles, parallèlement au diamètre principal, se prononce le plus distinctement dans le

fait, que la moitié du disque offre toujours à peu près un même nombre d'étoiles, quelle que soit la position du diamètre qui fait la division. Prenons p. e. les étoiles des grandeurs 1 à 8, comme celles dont les chiffres sont les plus exacts, nous aurons les sommes suivantes dans les demi-disques successifs, en commençant par celui qui comprend les étoiles depuis 0^h à 11^h incl., etc.

7342	7148	7118	7312
7267	7084	7193	7376
7294	7166	7166	7294
7331	7164	7129	7296
7387	7141	7073	7319
7250	7111	7210	7349.

5. L'aspect de la figure nous indique, que la ligne des plus grandes densités ne passe pas exactement par le Soleil, mais à une petite distance, à peu près de $0.1a$, de cet astre, du côté de 0^h $40'$. En tirant ici par la figure une corde, parallèle au diamètre entre les points 6^h $40'$ et 18^h $40'$ de la périphérie, dans cette distance $= 0.1a$ du centre, le point du milieu de cette corde sera le centre de gravité d'un cercle, décrit de ce point avec un rayon égal à celui du disque, eu égard aux différentes densités des étoiles. Le Soleil est donc situé dans la direction de 12^h $40'$ d'ascension droite, à partir de ce nouveau centre. L'effet de cette petite excentricité du Soleil se prononce aussi dans la distribution des étoiles visibles à l'œil nu. Pour celles ci, les deux maxima de la densité ne sont plus en ligne droite, mais l'un tombe sur 5^h $30'$ et l'autre sur 20^h $30'$, ce qui indique que le Soleil se trouve dans la direction de $\frac{1}{2}(5^h\ 30' + 20^h\ 30') = 13^h\ 0'$, à partir du point de milieu du diamètre principal. On peut même évaluer approximativement, par l'angle $= 225°$ compris entre les deux directions des maxima, la distance du Soleil au diamètre principal, qui se trouve $= 0{,}19a$.

En prenant une moyenne des deux déterminations, nous avons le Soleil situé vers $12^h\ 50'$, ou vers la constellation de la Vierge, dans une distance $= 0{,}15a$, qui est à peu près égale au rayon de la sphère qui sépare les étoiles de première et de seconde grandeur.

6. La ligne de la plus grande densité n'est cependant pas tout à fait une ligne droite, elle présente quelques inflexions, et il y a, près de cette ligne, des lacunes et des accumulations extraordinaires. C'est ainsi que nous voyons, dans la constellation d'Orion, une richesse remarquable d'étoiles visibles à l'oeil nu, tandis que, du côté du Serpentaire, les étoiles des grandeurs 1 à 6 sont très rares, comme si elles s'étaient réunies toutes du côté d'Orion. Il y a de ces petites anomalies locales aussi dans les autres classes d'éclat; et il paraît, que l'angle de 78°, compris entre la direction de la plus grande densité et celle de la plus petite, s'explique par ces anomalies, car sans celà il aurait dû être de 90°.

Les thèses précédentes forment le résultat d'une recherche basée uniquement sur les zones de Bessel et sur l'Uranométrie de M. Argelander. Il s'agit maintenant de comparer ce résultat au phénomène de la voie lactée.

Nous savons que la voie lactée n'est pas tout à fait un grand cercle du ciel. Car en prenant partout sa trace moyenne, elle approche d'un cercle parallèle. distant à peu près de 92° de son pôle boréal, situé sur les bords de la Chevelure et des Chiens, en $12^h\ 38'$ d'ascension droite et $+ 31{,}5°$ de déclinaison. L'équateur est coupé, d'un côté par la double branche de la Voie, près de la queue du Serpent, en $18^h\ 36'$, sous un angle moyen de 55°. C'est le noeud ascendant. L'autre intersection, par le noeud descendant, a lieu en $6^h\ 40'$, sous un angle de 60,6°. Entre ces deux noeuds, la voie lactée décrit sa moitié boréale, qui s'élève à sa plus grande

déclinaison moyenne de 53,5°, dans la constellation de Cassiopée sous 0^h 40′, tandis que la moitié australe et invisible chez nous, en grande partie, descend jusqu'à — 63° de déclinaison moyenne, sous 12^h 40′, dans la constellation de la Croix. Or il est clair, que la trace moyenne de la voie lactée ne correspond point à un plan exact, comme il y a une distance de 180° entre ses points d'intersection avec l'équateur, et de 170°,5 seulement, dans le sens du cercle de déclinaison, perpendiculaire à la Voie.

Il a été indiqué, dans la première de nos thèses p. 59, que la bande de la plus grande densité du disque équatoréal s'étend dans la direction du diamètre situé entre 6^h 40′ et 18^h 40′ d'ascension droite. Ce diamètre coïncide presque absolument avec les deux directions moyennes de la voie lactée dans l'équateur, et qui tombent sur 6^h 40′ et 18^h 40′. La considération du disque équatoréal nous a indiqué une position un peu excentrique du Soleil, vers la constellation de la Vierge, par rapport à la ligne de la plus grande condensation. Cette position est également indiquée dans la voie lactée, par le lieu du pôle boréal dont la projection sur l'équateur tombe sur 12^h 38′, vu que la distance moyenne entre ce pôle et la voie lactée est plus grande que 90°.

Il est donc hors de doute que le phénomène de la condensation des étoiles, vers une ligne principale du disque équatoréal, est le plus étroitement lié avec la nature de la voie lactée, ou plutôt, que cette condensation et l'aspect de la voie lactée sont des phénomènes identiques.

On pourrait demander pourquoi, dans notre recherche du disque équatoréal, la bifurcation de la voie lactée, aux environs de 18^h 40′, n'a pas été reconnue. Mais c'est une suite naturelle de ce que notre recherche du disque ne s'est point faite dans tous les détails, mais par heures entières d'ascension droite, et que la voie lac-

tée et l'équateur se coupent sous un angle de 60°. Cette dernière circonstance explique aussi, pourquoi la condensation relative des étoiles dans le disque, telle que nous l'avons énoncée, est plus petite que celle qui aurait été reconnue, si nous avions pu examiner un disque perpendiculaire à la voie lactée, dans des divisions analogues.

Herschel a prouvé, en 1817, que la voie lactée est insondable, même pour son télescope de 40 pieds. La même incertitude, sur les limites des étoiles visibles, existe dans toutes les autres directions de la voûte céleste, donc aussi vers les pôles de la Voie. Nulle part nous ne sommes en état de distinguer les dernières étoiles. Il s'en suit, que si nous regardons toutes les étoiles fixes qui entourent le Soleil, comme formant un grand système, celui de la voie lactée, nous sommes en parfaite ignorance sur son étendue, et que nous n'avons pas la moindre idée sur la forme extérieure de cet immense système.

Il est a présumer que la diminution de la densité des bandes équatoréales, en raison de la distance croissante à la ligne principale, continue encore au delà des limites de notre disque, terminé par les étoiles extrêmes de neuvième grandeur. Les jauges de W. Herschel dont il a été question p. 26, nous offrent le moyen d'examiner ce point.

Parmi les 683 jauges, il y a 266 qui tombent sur notre Zone, située entre — 15° et + 15° de déclinaison. Par une moyenne du dénombrement de plusieurs champs voisins, chaque jauge donne le nombre d'étoiles, visibles dans le champ de la lunette de vingt pieds, pour une direction indiquée. Voyez p. 27. Les changements de ce nombre, d'après les différentes heures d'ascension droite, se manifeste dans le tableau suivant.

Table des densités en étoiles, selon les jauges de W Herschel, pour la Zone entre — 15° et + 15° de déclinaison.

Heures	Nombre moyen d'étoiles visibles dans le champ.	Densité relative.	Nombres des jauges.
I	7.4	0,27	9
II	7,7	0.29	14
III	6.9	0.26	8
IV	21.6	0.80	6
V	49,3	1,82	16
VI	71,4	2,64	29
VII	67.8	2,51	8
VIII	32,4	1,20	4
IX	10.4	0.39	5
X	5,9	0,22	5
XI	4,9	0,18	4
XII	5,0	0,19	7
XIII	8.7	0.32	9
XIV	8.9	0.33	6
XV	9.7	0.36	8
XVI	15.8	0.59	9
XVII	37.1	1.37	6
XVIII	84.0	3.11	45
XIX	102,1	3.78	16
XX	40.1	1.49	16
XXI	20.5	0.76	14
XXII	12.8	0.47	11
XXXIII	8.1	0.30	5
0	9.3	0.34	6

En prenant la moyenne des 24 chiffres de la seconde colonne, ous avons un nombre moyen de 26,995 étoiles, pour le champ de 5′ 4″ de diamètre. Les densités relatives de la table ont été calulées, par la comparaison des chiffres de chaque heure à cette noyenne. Une représentation graphique de ces densités a été donée dans le catalogue.

En comparant la table et le dessin graphique avec ce que nous ıvons trouvé plus haut, pour notre disque équatoréal, on parvient ıux conclusions suivantes.

a) Les plus grandes et les plus petites densités, selon les jauges de Herschel, tombent de très près sur les mêmes points de la périphérie, que dans le disque équatoréal limité par les étoiles de neuvième grandeur.

b) Mais la différence entre les densités extrêmes est beaucoup plus forte dans les jauges, que dans les dénombrements de notre Zone, selon Bessel. En prenant les moyennes des deux minima et maxima pour les étoiles des grandeurs 1 à 9, p. 56, nous avons le rapport 1 : 2,51. Mais les jauges offrent, entre $\frac{7,4+4,9}{2} = 6,15$ et $\frac{71,4+102,1}{2} = 86,75$, le rapport $= 1 : 14,1$. Il s'en suit qu'à la distance des dernières étoiles visibles dans le télescope de Herschel, prise dans la direction du pôle de la voie lactée, la densité des étoiles est au dessous d'un cinquième de celle qui a lieu à la distance extrême des étoiles de neuvième grandeur. Voilà donc la diminution continuelle de la condensation des étoiles, dans la direction perpendiculaire au plan principal de la voie lactée, démontrée par l'observation.

) Le minimum absolu de la condensation, du côté de l'heure XII de l'ascension, est conforme à la position du Soleil vers le pôle boréal de la Voie, dans une petite distance du plan principal,

position qui a été indiquée par l'examen des étoiles des grandeurs 1 à 9.

La surface de la Zone entière, située entre — 15° et + 15° de déclinaison, est égale à 215552 fois celle du champ de la lunette de 15′ 4″ de diamètre. Or, il faut multiplier le nombre moyen des étoiles visibles au champ = 26.995, par ce chiffre 215552, pour avoir le nombre de 5819000 étoiles visibles dans cette Zone, à l'aide du télescope de Herschel. Ces 6 millions d'étoiles se distribuent de la manière suivante. Le télescope de vingt pieds de Herschel a montré, entre — 15° et + 15° de déclinaison, dans la région

depuis	1^h 0′	jusqu'à	5^h 0′	d'ascension	droite.	391700	étoiles,
«	5^h 0′	«	9^h 0′	«	«	1981200	«
«	9^h 0′	«	13^h 0′	«	«	235400	«
«	13^h 0′	«	17^h 0′	«	«	387000	«
«	17^h 0′	«	21^h 0′	«	«	2365100	«
«	21^h 0′	«	1^h 0′	«	«	455600	«

Depuis 0^h 0′ jusqu'à 23^h 60′ d'ascension droite, 5819000 étoiles.

Ces chiffres ne sont cependant qu'approximatifs, parce que la distribution des étoiles n'est pas même uniforme dans les différentes régions, et que le nombre des jauges qui tombent dans chaque région, est trop restreint.

J'ai terminé l'introduction du catalogue de M. Weisse, par une recherche sur les distances relatives des étoiles dans les classes successives de l'éclat, et des relations numériques sur les éclats des étoiles dans ces divisions de grandeur apparente, eu égard à l'extinction à laquelle la lumière est sujette, dans son passage par l'espace céleste. Je me dispense de citer ici les résultats détaillés de cette recherche, comme elle est l'objet d'un nouvel examen que contiendra le chapitre suivant.

RECHERCHES ULTÉRIEURES SUR LA VOIE LACTÉE.

La composition de ce rapport m'a fourni l'occasion de revenir sur l'étude de la voie lactée. Ce phénomène est tellement énigmatique, au premier coup d'oeil, qu'on est presque tenté de renoncer à une explication satisfaisante. Cependant l'homme de science ne doit jamais reculer, ni devant l'obscurité d'un phénomène, ni devant la difficulté d'une recherche. Qu'il se mette en possession des travaux antérieurs, qu'il tâche d'augmenter la connaissance du phénomène, par de nouvelles observations précises; et il pourra être sûr d'un certain succès de ses études, s'il emploie une spéculation calme, sans s'abandonner aux influences d'une fantaisie excitée et préoccupée. Quelque petit terrain qu'il ait gagné, il l'élargira toujours, en revenant sur son problème avec cette persistance qui est la condition indispensable de l'étude. C'est alors que, guidé par l'analyse et le calcul, il peut parvenir à des résultats même inattendus, et qui jouissent cependant d'une haute certitude.

L'amas de la voie lactée est pour nous un système d'étendue et de forme indéterminées, mais dans lequel il y a évidemment une certaine loi de condensation, vers un plan principal. Il s'agit de reconnaître cette loi. Or il est clair que, si la loi était connue, nous serions en état de déterminer le nombre d'étoiles, qui doit se présenter dans un télescope d'un champ donné, d'après la direction du télescope, plus ou moins voisine au plan principal. Également, ayant reconnu la diminution du nombre des étoiles visibles, avec l'augmentation de la distance angulaire au grand cercle du plan principal, il doit être possible d'en déduire, si cette connaissance est assez exacte, la loi recherchée de la condensation, selon la distance linéaire à ce plan, exprimée sur une échelle convenable.

*

Cette recherche est [illegible] pour nous, p[illegible] circonstance reconnue que le Soleil se trouve si près du plan p[illegible] que nous pouvons faire abstraction de sa distance au p[illegible] surtout en combinant toujours les nombres des étoiles visibles d[illegible] deux directions opposées. La moyenne de ces deux nombres [illegible] chaque fois délivrée de l'effet de cette distance qui, si nous la [illegible] = [illegible] p. 60 ne monte qu'à [illegible] du rayon de la sph[illegible] dans laquelle sont renfermées toutes les étoiles visibles à l'[illegible] du télescope herschelien de 20 pieds.

Le dénombrement des étoiles des grandeurs 1 à 9 de notre Z[illegible] nous indique d'abord l'identité très rapprochée, pour les so[illegible] des étoiles visibles dans les heures opposées. Voyez p. 56. Une [illegible]lité analogue se manifeste dans les heures non opposées mais [illegible]respondantes, ou celles qui sont à la même distance des heur[illegible] et XVIII du maximum. Pour prouver ces deux points impor[illegible] prenons les 14460 étoiles des grandeurs 1 à 8 de notre Zone, [illegible] voici la comparaison dans les heures opposées et correspondant[illegible]

Heures opposées.			Nombre des étoiles 1 à 8.		Moyenne.
0	et	XII	400	405	442
I	«	XIII	432	459	446
II	«	XIV	466	503	484
III	«	XV	470	526	498
IV	«	XVI	657	520	588
V	«	XVII	815	713	764
VI	«	XVIII	1104	1040	1072
VII	«	XIX	761	843	802
VIII	«	XX	686	684	685
IX	«	XXI	513	490	502
X	«	XXII	517	487	502
XI	«	XXIII	441	448	444

Heures correspondantes.			Nombre des étoiles 1 à 8.				Moyenne.
0	et	XII	480		405		442
I, XXIII	«	XI, XIII	432	448	441	459	445
II, XXII	«	X, XIV	466	487	517	503	493
III, XXI	«	IX, XV	470	490	513	526	500
IV, XX	«	VIII, XVI	657	684	686	520	637
V, XIX	«	VII, XVII	815	843	761	713	783
VI	«	XVIII	1104		1040		1072.

Les dernières moyennes manifestent une marche d'une régularité frappante, depuis le minimum jusqu'au maximum. Dans les nombres isolés des heures, il y a bien par-ci par-là quelques anomalies, mais qui s'expliquent, soit par l'inexactitude des nombres trouvés à l'aide du calcul de probabilité, soit par des anomalies locales, enfin en partie par la position du Soleil un peu hors du plan. Si nous divisons le nombre total en deux portions, situées des deux côtés du diamètre de $6^h\ 30'$ à $18^h\ 30'$, qui est à peu près celui de la plus grande condensation, nous avons

dans les 12 heures depuis	$6^h\ 30'$ à $18^h\ 30'$	7116	étoiles,
« « « « «	$18^h\ 30'$ à $6^h\ 30'$	7344	«
	Différence	228	étoiles.

Ce surplus de 228 étoiles, d'un côté, est conforme à la situation du Soleil vers 13^h. Nous serons même en état d'en déduire une nouvelle détermination plus exacte de la distance linéaire du Soleil au plan principal.

Un accord semblable, quoique un peu moins parfait, se présente, si nous considérons la somme des étoiles des grandeurs 1 à 9, réunies dans notre Zone; car en prenant, pour être bref, les sommes par régions de 4 heures, nous avons :

dans les 4 heures	I à IV	6818	étoiles	1 à 9.
«	IX à XII	7005	«	«
«	XIII à XVI	6856	«	«
«	XXI à 0	7270	«	«
	Moyenne	6987	étoiles.	

Ces quatres régions pauvres, et qui sont correspondantes, offrent donc un accord inattendu. Quant aux deux régions de la plus grande condensation, nous trouvons

dans les 4 heures	V à VIII	13593	étoiles	1 à 9.
«	XVII à XX	10657	«	«
	Différence	2936	«	«

Cette différence est assez notable, quoiqu'elle puisse être en partie le produit de l'inexactitude des nombres, trouvés, pour les étoiles de 9-ème grandeur, par une voie moins directe. Si elle est réelle, la différence indique une condensation plus forte des étoiles du côté de 6^h, que de 18^h d'ascension droite.

En examinant, de la même manière, les chiffres déduits des jauges de Herschel, nous avons, selon p. 66, pour les deux régions riches :

dans les 4 heures	V à VIII	1984200	étoil. visibles à	Herschel,
«	XVII à XX	2365100	« «	« ;

donc un surplus de 380900 étoiles, du côté de 18^h. Puis nous trouvons, pour les régions pauvres,

dans les 8 heures	IX à XVI	622400	étoil. visibles à	Herschel,
«	XXI à IV	847300	« «	« .

Ces chiffres donnent un surplus de 224900 étoiles du côté de 0^h, en comparaison du côté de 12^h.

Le premier excédant nous tente d'admettre, que la condensation des étoiles ne dépend pas uniquement de la distance au plan principal, mais qu'elle varie aussi tant soit peu, dans le sens de ce plan. Chose très probable, quoique sujette encore à quelques doutes, parce que l'exactitude des grands chiffres que nous avons déduits des jauges herschéliennes, voisines à la voie lactée, peut être contestée, si l'on considère la petitesse de l'espace céleste réellement examiné dans ces jauges. En tout cas, nous aurons à employer les valeurs moyennes des nombres, trouvés dans les directions opposées

et correspondantes. En soumettant ces nombres à l'analyse, nous parviendrons à la loi de la condensation moyenne, laquelle a lieu le long d'une ligne perpendiculaire au plan principal, ligne qui passe par le lieu du Soleil. En effet, si nous agissons de sorte, nous ne faisons autre chose qu'employer la moyenne des deux différences finies voisines, d'arguments également distants, pour trouver la valeur de la différentielle pour l'argument du milieu. Si enfin l'avenir constate le décroissement de la condensation, plus rapide vers 12^h que vers 0^h, comme les nombres herschéliens l'indiquent avec plus de sûreté, nous trouverons par notre recherche la moyenne des deux décroissements qui ont lieu d'un côté et de l'autre côté du plan principal.

Pour simplifier le problème, je ferai d'abord abstraction de la bifurcation de la voie lactée, qui se présente, dans nos latitudes, depuis la constellation du Scorpion jusqu'à celle du Cygne, en regardant les deux branches comme si elles étaient réunies en une seule bande, placée dans la trace moyenne entre les deux bandes effectives. Il faut considérer en effet cette bifurcation comme la plus grande des anomalies, dans la constitution de la voie lactée. Mais avant de tenter l'explication des détails, il faut tâcher de reconnaître le phenomène de la voie lactée en général.[73])

Les jauges herschéliennes[74]) nous mettent en état, de déterminer le nombre moyen des étoiles visibles dans le champ du télescope employé, de 15 à 15 degrés de distance angulaire, à partir du milieu de la voie lactée. Soit φ cette distance angulaire au plan principal, et z le nombre moyen des étoiles que présente le télescope, nous avons[75])

pour, $\varphi =$	0^0	$z = 122{,}00$	par	151	jauges	multiples,
	15	30,30	«	56	«	«
	30	17,68	«	34	«	«
	45	10,36	«	48	«	«
	60	6,52	«	18	«	«

Les jauges sont trop peu nombreuses, aux environs du pôle boréal de la voie lactée, pour donner, avec une exactitude suffisante, les deux z qui correspondent aux deux $\varphi = 75°$ et $\varphi = 90°$. J'ai cependant trouvé, pour $\varphi = 75°$, la valeur approximative $z = 4,68$, mais qui me paraît trop peu certaine, pour l'employer dans le calcul.

Les 5 valeurs z, que je viens de donner, sont représentées par la formule suivante[76])

$$z = \frac{6,5713 - 5,03 \cos 2\varphi - 1,29 \cos 4\varphi}{1 - 1,23088 \cos 2\varphi + 0,23212 \cos 4\varphi}. \qquad (I)$$

Je regarde cette formule comme l'expression générale du nombre d'étoiles, que présente le télescope, dirigé sur un point céleste qui est à la distance angulaire φ du plan principal. Elle donne pour $\varphi = 75°$, la valeur $z = 4,69$, et pour $\varphi = 90°$, ou dans la direction des pôles, $z = 4,15$.[77]) Ce dernier chiffre comparé avec $z = 122,00$, pour $\varphi = 0$, nous indique, que le télescope de Herschel a fait voir en général, dans le milieu de la voie lactée, un nombre d'étoiles 29,4, ou près de 30 fois plus grand, que dans les régions qui environnent les pôles de la voie lactée.

L'expression z nous conduit encore, par une intégration, à évaluer le nombre total des étoiles qui sont visibles au ciel, à l'aide du télescope herschélien de 20 pieds, en donnant[78])

10187017 étoiles sur l'hemisphère,
20374034 « sur la sphère céleste entière,

chiffres qui ne sont plus le résultat d'une taxation vague, mais d'une analyse complète et basée sur les données disponibles.

Il s'agit à présent de trouver l'expression de la densité de l'espace, en étoiles, comme fonction de la distance linéaire au plan principal. L'accord entre les sommes des étoiles qui sont visibles dans des directions, soit opposées, soit correspondantes par rapport au plan principal, nous a autorisés d'admettre, que l'espace divisé par

ıns parallèles au plan principal a, dans chaque couche diffé-
le ainsi formée, une condensation uniforme, mais qui dimi-
ec l'éloignement entre la couche et le plan principal. Soit
e rayon de la sphère qui renferme toutes les étoiles visibles
e télescope de Herschel, égal à l'unité, et la densité en
dans le plan principal aussi $= 1$, nous trouvons, pour la
ϱ, correspondante à la distance linéaire x au plan princi-
expression[79])

$$\varrho = \frac{1 + 395{,}90\,x^2 + 67607{,}7\,x^4 + 10134{,}5\,x^6 - 110063\,x^8}{(1 + 487{,}74\,x^2 + 1497{,}55\,x^4)^2} \qquad \text{(II)}$$

tte formule est propre à calculer ϱ, depuis $x = 0$ jusqu'à
n $60^0 = 0{,}8660$. Au delà de cette limite, on n'en ose point
e l'usage[80]), parce que la formule est basée sur les 5 valeurs
ouis $\varphi = 0$ jusqu'à $\varphi = 60^0$. Mettons maintenant la distance
ne linéaire entre deux étoiles voisines qui sont au milieu de
lactée, égale à l'unité, nous aurons les distances moyennes
oiles voisines d, qui correspondent aux différents x, par l'ex-
n $d = \frac{1}{\sqrt[3]{\varrho}}$. C'est ainsi que jai calculé le tableau suivant:

Distance au plan principal. $x =$	Densité en étoiles. $\varrho =$	Distance moyenne entre deux étoiles voisines. $d =$
0,00	1,00000	1,000
0,05	0,48568	1,272
0,1	0,33288	1,458
0,2	0,23895	1,611
0,3	0,17980	1,772
0,4	0,13021	1,973
0,5	0,08646	2,261
0,6	0,05510	2,628
0,7	0,03079	3,190
0,8	0,01414	4,136
0,8660	0,00532	5,729

Ce tableau nous montre que la densité des couches parallèles décroît très rapidement. Elle est déjà au dessous d'un demi, pour $x = \frac{1}{10}$, et elle descend vers $\frac{1}{100}$ pour $x = 0{,}866$, la limite de notre recherche. A cette dernière distance les étoiles sont tellement espacées, que la distance moyenne entre deux étoiles voisines est presque 6 fois plus grande, que dans le plan du milieu de la voie lactée. Aussi n'est-il point impossible que du côté du pôle, le télescope de Herschel ait touché à peu près à la limite extérieure du système. Pour décider cette question, il faudra examiner la région du pôle avec deux télescopes, dont l'un aurait la pénétration à peu près égale à celle du télescope de Herschel, et l'autre une pénétration plus grande. Si le nombre des étoiles visibles est le même, dans les deux instruments, la limite est trouvée dans cette direction.[81])

Le décroissement successif de la densité des couches se prononce également, comme nous l'avons vu, dans les dénombrements des zones de Bessel. Tâchons, par conséquence, de parvenir à l'expression numérique des densités, d'après ces données indépendantes des jauges herschéliennes. Les bases de cette nouvelle recherche sont les suivantes, en nous bornant aux étoiles des grandeurs 1 à 8B., parce que les chiffres trouvés pour les étoiles 9B. sont moins certains que les autres.

Par une combinaison particulière[82]), j'ai évalué, pour notre Zone équatoréale qui va depuis — 15° à + 15° de déclinaison, le nombre d'étoiles qui devrait se trouver, sur la surface d'une heure d'ascension droite, si toute cette surface était aussi remplie d'étoiles, que la voie lactée visible à l'oeil nu. Voici les chiffres obtenus:

	gr. 1 à 7.	gr. 1 à 8.
$\varphi = 0$	279	1422 étoiles.

Puis j'ai trouvé, pour d'autres distances angulaires à la voie lactée, que la même surface d'une heure contient, en la supposant

uniformément remplie d'étoiles:[83])

	gr. 1 à 7.	gr. 1 à 8.
si $\varphi = 25^0\ 14'$	177	637 étoiles,
« $\varphi = 37.\ 5$	141,5	500 «
« $\varphi = 52\ 53$	131	468 «

Les quatres chiffres des deux groupes sont représentés par les formules suivantes:[84])

$$\text{pour les étoiles 1 à 7B.,}\quad z = \frac{135{,}88 - 88{,}77 \cos 2\varphi}{1 - 0{,}83116 \cos 2\varphi}, \qquad \text{(III)}$$

$$\text{« « « 1 à 8B.,}\quad z = \frac{483{,}92 - 348{,}43 \cos 2\varphi}{1 - 0{,}90474 \cos 2\varphi}. \qquad \text{(IV)}$$

Nous pouvons chercher à présent les expressions de la densité des couches successives, que nous fournissent ces deux formules, en employant l'analyse donnée dans la note 79. Soit x' et x'', la distance linéaire de la couche au plan principal, exprimée en parties du rayon de chacune des deux sphères qui renferment les étoiles 1 à 7 et 1 à 8, et la densité dans le plan principal encore égale à l'unité, nous trouvons

$$\text{pour les étoiles 1 à 7 B.,}\quad \varrho' = \frac{1 + 9{,}5630x'^2 + 37{,}105x'^4}{(1 + 9{,}8455x'^2)^2}, \qquad \text{(V)}$$

$$\text{« « « 1 à 8 B.,}\quad \varrho'' = \frac{1 + 14{,}9039x''^2 + 97{,}697x''^4}{(1 + 18{,}995x''^2)^2}. \qquad \text{(VI)}$$

Ces deux expressions nous donnent pour une distance linéaire de la couche au plan principal, qui est égale au rayon de la sphère des étoiles 1 à 7, ou

$$\text{pour } x' = 1, \qquad \varrho' = 0{,}40525\,;$$

et pour une distance linéaire de la couche au plan principal, égale au rayon de la sphère des étoiles 1 à 8, ou

$$\text{pour } x'' = 1, \qquad \varrho'' = 0{,}28410.$$

Pour pouvoir comparer les densités ainsi trouvées, avec celles que la recherche des jauges nous a offertes, il faut, en premier lieu, comparer les rayons des sphères dont les surfaces séparent les étoi-

les des différentes classes de l'éclat, avec le rayon de la sphère qui renferme toutes les étoiles visibles dans le télescope de Herschel. Le diamètre du champ de ce télescope étant connu $= 15' 4''$, il est facile, en le comparant à la surface d'une heure d'ascension droite entre -15^0 et $+15^0$ de déclinaison, de déduire le nombre d'étoiles que cette portion de la voûte présenterait, si elle était remplie, dans sa totalité, par des étoiles condensées comme au milieu de la voie lactée. Ce nombre se trouve $= 1095920.^{85}$). Nous avons donc, sur une même portion de la voûte céleste, et pour une distribution des étoiles proportionnelle à l'espace, avec la densité moyenne de la couche du milieu de la voie lactée:

1095920	étoiles	des	grandeurs	1 à H.,
4983	«	«	«	1 à 9B.,
1422	«	«	«	1 à 8B.,
279	«	«	«	1 à 7B..

Les racines cubiques de ces chiffres expriment les rapports entre les rayons des quatre sphères, ou

		rayon de la sphère qui renferme les étoiles.
pour les étoiles H.,	1,0000	9,1684
9B.,	0,16567	1,5189
8B.,	0,10907	1,0000
7B.,	0,06338	0,5811

Nous voilà donc arrivés à la détermination des rayons relatifs des sphères, dont nous avons besoin. Maintenant nous pouvons chercher, quelles sont les densités que nous offrent les jauges pour les deux distances au plan principal, qui sont égales aux rayons des sphères des étoiles 8B. et 7B. Nous trouvons, d'après la formule p. 73.

pour $x = 0.06338$ $\quad \varrho' = 0.41365.$

pour $x = 0.10907$ $\quad \varrho'' = 0.31083.$

Si nous comparons ces deux densités avec les valeurs antérieures ne nous ont fournies les dénombrements des étoiles 1 à 7B. et à 8B., nous trouvons :

pour la distance $x = 0{,}06338$, ou celle de la limite des étoiles de 7-ème grandeur,

$\varrho' = 0{,}41365$, par les jauges de Herschel,

$= 0{,}40525$, par les zones de Bessel;

différence 0,00840;

pour la distance $x = 0{,}10907$, ou celle de la limite des étoiles de 8-ème grandeur,

$\varrho'' = 0{,}31083$, par les jauges de Herschel,

$= 0{,}28410$, par les zones de Bessel;

différence 0,02673.

Un accord parfait des valeurs correspondantes ne pouvait être spéré, soit à cause des anomalies locales de la distribution des toiles, soit par suite des matériaux encore défectueux qui ont servi e base à ces recherches. Mais l'accord qui se présente, est plus que atisfaisant; il a même dépassé l'attente, et nous prouve l'exactitude pproximative, soit de l'expression générale de ϱ, soit des valeurs e la densité des couches parallèles au plan principal, que nous vons calculées, p. 73. Il nous autorise, en outre, d'admettre, que la arche de la condensation, dans les couches voisines du plan principal, est sensiblement la même pour une distance égale à celle es étoiles de 8-ème grandeur, prise le long du plan, et pour la istance 9 fois plus grande des dernières étoiles herschéliennes.

Nous avons déterminé plus haut, p. 76, les rapports entre les ayons des sphères qui renferment les étoiles 7B., 8B., 9B. et H. 'our compléter cette partie, il faut évaluer aussi les rayons des phères, dont les surfaces séparent les étoiles des grandeurs 1 à 6 A., oit entre elles soit des étoiles plus distantes.

Pour la détermination du rayon des étoiles 6A., nous savons, tableau p. 54, que notre Zone équatoréale, de 20° de large en déclinaison, contient 1014 étoiles 1 à 6A., tandis qu'elle renferme 14460 étoiles 1 à 8B. Si la distribution des étoiles, en dedans de l'espace de cette Zone, était uniforme, nous aurions

$$r : 1 = \sqrt[3]{1014} : \sqrt[3]{14460}, \quad \text{ou} \quad r = 0{,}41237\,;$$

en supposant le rayon = 1 pour la sphère des étoiles 8B. Mais à présent il faut déterminer ce rayon en sorte, qu'il découpe de l'espace total de la Zone une portion dont la masse, le poids, est égale à $\frac{1014}{14460}$ de la masse entière, eu égard aux densités décroissantes dans les couches successives. Par cette voie[86]) nous trouvons

le rayon des étoiles 6 A. = 0,35712 du rayon des étoiles 8 B.

Le nombre des étoiles de notre Zone, visibles à l'oeil nu, ne suffit pas, pour en déduire avec exactitude les rapports des rayons correspondants aux six classes de grandeur apparente. Il serait le plus avantageux d'employer, pour cette recherche, les nombres des étoiles que présente la voûte céleste entière. Comme les catalogues des étoiles circumpolaires australes ne sont ni complets, ni uniformes avec l'Uranométrie, quant à la classification, il vaut mieux de n'employer que les dénombrements de M. Argelander pour l'hémisphère boréal, en reprenant les étoiles australes de l'Uranométrie. Dans ces dernières, il est certain que les grandeurs sont plus ou moins incertaines à cause du manque de transparence vers l'horizon[87]). Selon l'Uranométrie, l'hémisphère boréal présente

des grandeurs	1	2	3	4	5	6 A.
étoiles	9	34	96	214	550	1439
somme	9	43	139	353	903	2342

Maintenant notre problème sera de déterminer les rayons de 6 sphères concentriques, [illegible] dans les masses, eu égard aux densités des

couchés, sont proportionnelles aux six sommes 9,43...2342. La solution mène aux valeurs suivantes.

Grandeur.	Rayon de la sphère.	Progression calculée.
6A.	1,0000	1,0000
5A.	0,6998	0,7071
4A	0,5001	0,5000
3A.	0,3602	0,3536
2A.	0,2413	0,2500
1A.	0,1424	0,1768.

Par les chiffres de la seconde colonne, il se manifeste que les rayons des sphères qui séparent les étoiles des différentes classes, forment de très près une progression géométrique avec le rapport $\frac{1}{\sqrt{2}}$. Nous avons en effet, par ce rapport, les chiffres de la dernière colonne qui présente, pour les classes 6 à 2, un accord frappant avec ceux de l'autre colonne. Seulement dans les étoiles de première grandeur, il y a une différence sensible, mais qui s'explique de ce que le vague de la limite de cette classe exerce une influence plus considérable sur le petit nombre de ces étoiles. On est même tenté de regarder la progression trouvée comme la loi de la nature, et de placer la limite des étoiles de première grandeur à la distance 0,1768. L'hémisphère de ce rayon renfermerait 17,1 étoiles, et il faudrait ajouter aux 9 étoiles boréales de première grandeur selon M. Argelander, les 8 étoiles boréales les plus brillantes parmi celles qui sont des classes 2.1 et 2 de l'Uranométrie, savoir α Cygni, Castor, η, ε, α Ursae maj., α Andromedae, γ Orionis et β Tauri ou γ Leonis.

Réunissons maintenant toutes les distances trouvées par l'expérience, en prenant pour unité le rayon de la sphère des étoiles 6A., ou la distance des dernières étoiles visibles à l'oeil nu.

Tableau des distances ou des rayons, pour les lim des classes de grandeur apparente.

Classe.	Rayon de la sphère.
1A.	0,1424
2A.	0,2413
3A.	0,3602
4A.	0,5001
5A	0,6938
6A.	1,0000
6B.[89])	0,9260
7B.	1,6271
8B.	2,8001
9B.	4,2531
H.	25,672.[90])

Je déterminerai maintenant les distances relatives mo nes des étoiles des classes 1 à 6A., en désignant par dist moyenne, p. e. d'une étoile de sixième grandeur, le rayon sphère dont la surface partage les étoiles de cette classe en moitiés égales,[91]) c. à d. le rayon d'une sphère dont la mas la moyenne arithmétique entre les masses des deux sphèr étoiles 5A. et 6A., ou $\frac{1}{2}(903 + 2342) = 1622,5$. Bref, nous à évaluer les rayons relatifs des hémisphères qui renferment

4,5 26 91 246 628 1622,5 étoiles,

eu égard toujours à la loi trouvée de condensation. Par cette nous trouvons, en conservant l'unité du rayon des étoiles ext 6A.,

Grandeurs.	Distances moyennes.
1A.	0,1127
2A.	0,2032
3A.	0,3115
4A.	0,4402
5A.	0,6148
6A.	0,8707.

l présent je change d'unité. En prenant pour nouvelle unité istance moyenne des étoiles de première grandeur, nous par- ons au

Tableau des distances relatives.

asse de gran- leur appar.	Distance de la li- mite intérieure.	Distance moyenne.	Distance de la li- mite extérieure.
1A.		1,0000	1,2638
2A.	1,2638	1,8031	2,1408
3A.	2,1408	2,7639	3,1961
4A.	3,1961	3,9057	4,4374
5A.	4,4374	5,4545	6,2093
6A.	6,2093	7,7258	8,8726
6B.			8,2160
7B.	8,2160		14,4365
8B.	14,4365		24,8445
9B.	24,8445		37,7364
H.			227,782.

ne suis dispensé de calculer les distances moyennes pour les classes 7B., 8B., 9B.

e tableau précédent renferme tout ce que notre recherche nous arni par rapport aux distances des étoiles, dans les classes suc- ves de l'éclat, par une recherche uniquement basée sur l'ob- ation, sans y employer aucune hypothèse arbitraire.

Tirons encore quelques conséquences.

es dernières étoiles visibles à l'oeil nu, selon M. Argelander, ont à la distance de 8,8726 fois l'unité = distance moyenne les étoiles de première grandeur.

es dernières étoiles de 9-ème grandeur, que Bessel a obser- ées dans ses zones, sont à la distance de 37,73 unités, ou 4,25 ois plus éloignées que les dernières étoiles visibles à l'oeil nu.

es étoiles extrêmes que Herschel a reconnues dans ses revues

(sweeps), à l'aide de son télescope de vingt pieds, sont à la distance de 227,8 unités, ou 25,67 fois plus éloignées que les dernières étoiles visibles à l'oeil nu.

Lambert avait déjà indiqué que la déviation de la voie lactée visible, de la forme du grand cercle, est la suite de la position latérale du Soleil, voyez p. 15. Nous avons trouvé plus haut, que le Soleil doit être situé du côté de 13^h, mais que sa distance au plan principal ne peut être que petite. Ce dernier point est confirmé par l'inégalité des sommes des étoiles 1 à 8B., qui se trouvent dans les deux moitiés de la Zone équatoréale, formées par un diamètre tiré entre les points $6^h\ 30'$ et $18^h\ 30'$ d'ascension droite, inégalité qui ne s'élève qu'à 228 étoiles, différence de 7116 et 7344 Voyez p. 69. Il faut avouer que cette différence trouvée est sujette à quelque incertitude, à cause des chiffres un peu inexacts dont elle dépend. Néanmoins, faute de données plus précises, prenons la pour exacte, et nous en déduirons[92]) la distance du Soleil au plan principal $=0,00843=\frac{1}{118}$ du rayon des étoiles 8B., ou $=0,0236=\frac{1}{42}$ du rayon des étoiles 6A., ou enfin $=0,21$ de la valeur moyenne d'une étoile de première grandeur. Cette distance est tellement petite, qu'elle justifie entièrement notre procédé, d'avoir négligé, dans nos analyses, la distance du Soleil au plan principal, en nous tenant aux moyennes des dénombrements opposés, procédé qui est satisfaisant aussitôt que le carré etc. de la distance peut-être négligé.

Mais comment expliquer à présent la déviation de la voie lactée, de la forme du grand cercle? Voici ce que je pense. La couche la plus condensée des étoiles ne forme point un plan parfait, mais plutôt un plan brisé; ou bien, elle se trouve dans deux plans, inclinés l'un sur l'autre d'environ 10^0, et dont l'intersection est placée à peu près dans le plan de l'équateur céleste, le Soleil se trouvant à une petite distance de cette ligne d'intersection, vers le point 13^h de l'équateur.

L'EXTINCTION DE LA LUMIÈRE DES ÉTOILES FIXES DANS SON PASSAGE PAR L'ESPACE CÉLESTE.

In des plus beaux mémoires de feu M. Olbers est celui qu'il blié, en 1823, sur la Transparence de l'espace céleste.[22]) y rencontrons cette extrême clarté des idées et des expressions, e à l'analyse la plus simple, mais exacte, qui distinguent toutes productions de ce grand astronome. Olbers, en marchant sur pas de Kant, part de l'idée de l'espace infini, contenant un bre sans fin de mondes créés, de sol ils, dont chacun, à l'ana- s de notre Soleil et des autres étoiles fixes, visibles soit à l'oeil soit à l'aide du télescope, brille de sa propre lumière. Il dé- tre que cette idée mène à un aspect du ciel immensément e que celui que nous avons, savoir d'un ciel resplendissant dans es les directions d'un éclat semblable à celui du Soleil. « Féli- ons nous, dit-il, de ce que la nature a arrangé la chose autre- ent, et que chaque point de la voûte céleste n'envoie pas de la mière solaire sur la Terre. Sans considérer l'éclat insupportable la chaleur exorbitante qui régnerait, (car la Toute-puissance atrice aurait pu garantir la Terre et ses êtres organisés contre ction de cette chaleur, même si elle était 90000 fois plus grande e celle que nous sentons à présent), je ne veux mentionner e l'astronomie imparfaite au dernier degré, qui serait encore à portée des habitants de la Terre. Nous ne saurions rien du ciel ilé, nous pourrions à peine découvrir notre Soleil par ses ta- es, et à peine distinguer la Lune et les planètes, comme des ques plus opaques sur le fond éblouissant du ciel. — Faut-il nc abandonner l'idée d'une infinité de systèmes d'étoiles fixes, ree que la voûte céleste ne brille point de l'éclat du Soleil? ut-il restreindre ces mondes à une portion insignifiante de

« l'espace infini? — Nullement. » Olbers démontre ensuite q
faut qu'admettre une transparence tant soit peu imparfaite, d
pace céleste, pour concilier l'aspect effectif du ciel avec l'idé
monde stellaire infini. Il prouve que, pour ce but, il suffit d
poser que la lumière émanée d'une étoile perde un 800-è
son intensité, dans le passage par une distance égale à cel
Sirius au Soleil.

Dans l'historique de son mémoire, Olbers a cité une erre
célèbre Halley[94]) qui avait nié la conclusion, qu'un nombre
d'étoiles luisantes produirait un ciel brillant comme le Soleil
je m'étonne de ce qu'il a passé sous silence le nom de l'astr
L. de Cheseaux de Lausanne. Car celui-ci parvint[95]) déjà en
ou 79 ans plus tôt, à un résultat identique en général ave
de l'astronome de Bremen, en admettant comme très probab
l'espace étoilé est rempli de quelque fluide (l'éther), capabl
tercepter, tant soit peu, la lumière.

Les deux auteurs, Cheseaux et Olbers, proposent le
dilemme: ou qu'il faut supposer une sphère finie des étoile
ou admettre l'extinction de la lumière dans son passage par l
céleste. Mais ni l'un ni l'autre n'a pu indiquer un fait positi
science, qui prouve directement cette extinction; aussi ne la
dent-ils que comme une hypothèse très probable, en faveu
spéculation.

Examinons maintenant si, dans le courant de notre re
sur la voie lactée, recherche qui s'étend jusqu'aux régions
les plus reculées qu'a pu atteindre le télescope, nous n'av
rencontré un phénomène qui soit en relation avec l'extinctio
lumière.

Sir W. Herschel a déterminé le pouvoir pénétratif, l
tée du téloscope dont il s'est servi dans ses jauges, et l'e
par le chiffre 61.18. Voyez p. 41, et Note 59. Souvenons no

hiffre signifie, qu'à l'aide de ce télescope, il a pu voir des étoi-
61,18 fois plus distantes que les dernières étoiles qu'il aper-
it à la vue simple. Il y a cependant dans ce chiffre quelque
e de vague; car il suppose l'ouverture de la pupille exactement
2 pouce anglais. Ajoutons y, que la comparaison du télescope
l'oeil devient encore inexacte, en cas que l'oeil produit une
e moins précise sur la rétine, que le télescope. C'est ce qui a
pour les personnes qui ont la vue basse, et probablement aussi,
moindre degré, pour des individus doués d'une vue aussi
ante que Herschel, qui voyait une partie considérable des
es de 7-ème grandeur. La force de l'oeil nu n'est donc pas
re à servir d'unité dans la mesure de la force du télescope.
remédié à ce défaut, en substituant à l'oeil une petite lunette
omatique, de 0,211 pouce d'ouverture, grossissant 3 fois. Ce
lule herschélien introduit dans l'oeil exactement la même
tité de lumière, qui passe directement par l'ouverture de la
ille, large de 0,2 pouce; mais il fait une image précise, indé-
lamment de la nature de l'oeil, soit myope, soit presbyte.
a portée du télescope de Herschel, par conséquent, est expri-
par 61,18, si l'unité correspond à la portée de la petite lu-
e module. Or j'ai trouvé, dans des expériences réitérées, que
e module j'aperçois, dans toutes les directions, presque le double
nombre d'étoiles qui sont consignées dans les cartes de M. Ar-
nder, ou, plus exactement, qu'il montre en général 183 étoi-
sur une portion de la voûte céleste qui en contient 100 dans
nométrie. Nous aurons donc, en prenant pour unité la distance
dernières étoiles 6A., ou le rayon de la sphère qui renferme
s les étoiles, que mon ami de Bonn a vues à l'oeil nu, le
n visuel du module herschélien $= \sqrt[3]{1,83} = 1,2231$, ou égal à
$31 . 8,8726 = 10,852$ fois la distance moyenne d'une étoile de
ière grandeur. Herschel a déterminé, par des expériences pho-

tométriques directes, que ce rayon égale 12 fois la distance d
les de première grandeur, voyez p. 41. Il se présente ici un
remarquable entre deux chiffres obtenus par deux voies tou
indépendantes. Enfin nous obtenons la portée du télescope d
pieds $= 61.18 \sqrt[5]{1.83} = 74.83$ fois la distance des étoiles 6
$74,83 . 8,8726 = 663,94$ fois la distance moyenne des étoiles
mière grandeur.

Comparons à présent à cette portée du télescope $= 74,$
terminée par la voie théorique, celle que nous a indiquée l
des jauges herschéliennes est du dénombrement des étoiles
Bessel et M. Argelander. La distance des dernières étc
Herschel, comparée au rayon des étoiles 6A., a été évaluée =
p. 80. Nous voyons donc que la portée du télescope de He
déterminée par l'observation du ciel, dépasse à peine un
la portée qui correspond à sa force optique. Comment
quer ce fait? Je ne vois point d'autre explication que cel
mettre, que l'intensité de la lumière décroît e
grande proportion que la raison inverse des carr
distances: ce qui veut dire qu'il existe une perte
mière, une extinction, dans le passage de la lumi
l'espace céleste.

Pour mieux juger tout le poids de cette argumentation
bons le nombre d'étoiles que le champ du télescope her
de 20 pieds aurait dû montrer, au milieu de la voie lactée
atteint effectivement une distance de 74.83 fois celle des
étoiles de M. Argelander. Ce nombre est $122.00 \cdot \left(\frac{74.83}{25.672}\right)^3$
Voilà donc que le télescope n'a fait apercevoir que la
partie des étoiles, qu'il aurait dû montrer par sa force opti
pourrait faire l'observation que le nombre de 122 étoiles vi
milieu de la voie lactée, p. 71, est peut-être trop faible. M

aissons même la plus riche de toutes les 683 jauge herschéliennes;[96]) elle nous offre 588 étoiles, ou pas même un cinquième de 3021. Peut-être, dira-t-on, y a-t-il une diminution de densité dans le plan principal, vers les limites de la voie lactée. Mais que savons-nous de ces limites? La voie lactée nous est absolument insondable. Quelle est donc la probabilité que le Soleil se trouve près du centre d'un disque, dont l'étendue nous est entièrement inconnue. Souvenons nous enfin, que l'examen des étoiles herschéliennes a conduit à la même loi moyenne du décroissement de densité, dans le sens perpendiculaire au plan principal, qui a lieu dans le voisinage du Soleil, jusqu'à la distance des étoiles de 8-ème et 9-ème grandeur. Par toutes ces considérations, j'ose avancer que nous avons découvert un fait, dans lequel l'extinction de la lumière des étoiles s'est manifestée presque indubitablement.

Il nous reste à déterminer, par nos données, la valeur numérique de l'extinction. En retenant l'unité du rayon des étoiles de sixième grandeur, supposons que la lumière, dans son passage par cette unité de distance, diminue de l'unité d'intensité, à l'intensité exprimée par une fraction λ. Nous aurons l'équation[97])

$$74{,}83^2 . \lambda^{25{,}672} = 25{,}672^2,$$

qui donne $\lambda = 0{,}92003$, et une perte $\mu = 1 - \lambda = 0{,}07997$, ou de 8 pour cent de l'intensité.

Le tableau, p. 81, donne le rayon des étoiles 6A. égal à 8,8726 fois la distance moyenne des étoiles de première grandeur. Désignons donc par λ' et μ' les coefficients de l'extinction pour cette dernière distance, et nous aurons

$$\lambda' = \sqrt[8{,}8726]{0{,}92003} = 0{,}990651 \text{ et } \mu' = 0{,}009349,$$

c. à d. la lumière, dans son passage par une distance égale à celle d'une étoile de première grandeur, est sujette à une extinction à peu près d'un centième, ou elle perd $\frac{1}{107}$ de son intensité.[98])

Désormais, l'éclat apparent $= \xi$ d'une étoile est une fonction de sa distance et de l'extinction. Sans considérer celle-ci nous avons $(\xi) = \frac{1}{x^2}$, formule qui doit être remplacée par

$$\xi = \frac{1}{x^2}\, 0{,}990651^{x-1},$$

qui indique que l'éclat des étoiles décroît en plus grande proportion, que la raison inverse des carrés des distances.

Pour gagner un coup d'oeil général j'ai calculé la table suivante.

Distance $x =$	Coefficient de l'extinction, $\lambda =$	Éclat relatif sans considérer l'extinction, $(\xi) =$	Éclat relatif eu égard à l'extinction, $\xi =$	Nombre d'étoiles réunies qui produisent le même éclat.	
1.0000	0.99065	1.0000	1.0000	1,00	dist.moy.d. ét. 1 A.
1.2638	0.99821	0.6261	0,6246	1,60	rayon « « «
1.8031	0.98300	0.3076	0.3053	3,28	dist.moy.« « 2 «
2.1408	0.98009	0.2182	0.2159	4,63	rayon « « «
2.7639	0.97437	0.1309	0.1287	7,77	dist.moy.« « 3 «
3.1961	0.97043	0.0979	0.0959	10.43	rayon « « «
3.9037	0.96398	0.0656	0.0638	15.68	dist.moy.« « 4 «
4.4374	0.95918	0.0508	0.0492	20.34	rayon « « «
5.4343	0.95006	0.0336	0.0322	31.02	dist.moy.« « 5 «
6.2093	0.94331	0.0259	0.0247	40.49	rayon « « «
7.7238	0.93000	0.0165	0.0157	63.58	dist.moy.« « 6 «
8.8726	0.92003	0.0127	0.0118	84.76	rayon « « «
14.4365	0.87319	0.00490	0.00423	236.44	rayon « « 7 B.
20.8443	0.79196	0.00162	0.00129	772.20	« « « 8 «
37.7364	0.70134	0.000762	0.000457	2010.9	« « « 9 «
207.782	0.11770	0.000028	0.000003	336296.0	rayon « « H.

On voit, dans la première colonne, l'effet de l'extinction. Elle n'est que de 0,01 pour la distance des étoiles de première grandeur, elle

monte à 8 pour cent pour le rayon des étoiles 6A., à 30 pour cent pour celui des étoiles 9B., et à 88 pour cent pour le rayon H. des étoiles herschéliennes. Cette diminution continue plus loin d'un pas extrêmement rapide. Nous avons en effet:

$\lambda = 0{,}01$, ou une extinction de 0,99, pour la distance $x = 490{,}26$,
$\lambda = 0{,}001$ « 0,999 « $x = 735{,}40$,
$\lambda = 0{,}0001$ « 0,9999 « $x = 980{,}53$,
$\lambda = 0{,}00001$ « 0,99999 « $x = 1470{,}80$.

L'affaiblissement de l'éclat des étoiles et la limitation de la portée des télescopes sont les suites directes de l'extinction. Nous voyons p. e., par la comparaison des chiffres des colonnes 3 et 4 du tableau, que la diminution de l'éclat apparent, par suite de l'extinction, est

pour les dernières étoiles de 6-ème grandeur, de 7 pour cent,
« 9-ème « 29 «
« H. 88 « .

La limitation de la portée des télescopes se prononce dans les chiffres suivants.

Télescope de Herschel.	Portée selon Herschel, $(p) =$	Portée théorique rectifiée, $p =$	Portée calculée, eu égard à l'extinction, $p' =$
de 7 pieds	243	219,8	123,2
« 10 «	344	311,1	152,2
premier « 20 «	468	423,2	183,2
second « 20 « , vue de côté,	734	663,8	227,8
« « 20 « , vue de front,	900	813,9	250,7
« 25 «	1150	1040,2	279,6
« 40 «	2300	2080,3	368,5.

Il est évident que les bornes du firmament, visibles à l'aide des télescopes les plus puissants, se rétrécissent considérablement par suite de l'extinction. Car si notre détermination en est assez exacte,

le télescope de 40 pieds cesse de nous montrer les étoiles situées au delà de 368 fois la distance des étoiles de première grandeur, tandis que, sans extinction, cette limite serait à la distance de 200 unités. Nous en tirons la conclusion importante, que l'augmentation de la force optique, ou du diamètre d'un télescope, n'avance que peu la limite de la vision. Prenons p. e. un télescope à vue de front, d'un miroir de 6 pieds de diamètre, comme le télescope colossal de Lord Rosse: nous trouverons sa portée $p' = 422$, seulement d'un sixième plus forte que celle du grand télescope de Herschel. Elle serait $p = 3120$, ou $(p) = 3450$, si l'extinction n'existait pas. L'avantage que possèdent les grands télescopes, est bien celui d'étendre aussi les bornes de la vue, mais principalement de nous donner des images d'une intensité plus grande, et qui admettent l'emploi des grossissements plus forts. Ils nous donnent plus de détails et de nuances, que les télescopes de moindre dimension.

Il nous faut encore faire une conclusion. Herschel, dans ses deux mémoires de 1817 et 1818, évalue à l'aide de la portée des télescopes, les distances entre certains amas d'étoiles et nébuleuses et le Soleil, en les exprimant par celle des étoiles de première grandeur, comme unité. Toutes ces distances sont trop grandes, en admettant l'extinction et sa valeur trouvée. Nous avons cité, p. 44, qu'il place l'amas d'étoiles 75 de Messier, à une distance $= 734$. Elle se réduit à 228. Herschel dit que le télescope de 20 pieds montrerait encore cet amas, mais sous la forme d'une nébuleuse non résoluble, s'il se trouvait à la distance de 13707 unités; le télescope de 40 pieds même à la distance de 35175 unités. Ces chiffres doivent être remplacés maintenant par 633 et 787, ou par un vingtième et un quarantième de la valeur donnée par Herschel. Je présenterai dans la note le tableau de toutes les distances (p), qui se trouvent dans les deux mémoires de Herschel de 1817 et 1818, et leurs valeurs p', correspondantes à notre recherche.[99])

Nous avons reconnu une distribution des étoiles à peu près uniforme et proportionnelle à l'espace, le long du plan principal. Examinons maintenant, en quelle proportion les étoiles des différentes classes contribuent à l'éclat apparent de la voie lactée. Nous supposerons, dans cette recherche, une étendue infinie de la voie lactée, dans la direction du plan principal. Car si elle ne l'est pas en effet, la différence de l'éclat devient presque insensible, parce que les étoiles les plus éloignées contribuent extrêmement peu à l'éclat apparent, à cause de l'extinction de la lumière. Voici les chiffres donnés par le calcul.[100])

Étoiles des classes	Portion de l'éclat du milieu de la voie lactée.	Étoiles des classes	Portion de l'éclat du milieu de la voie lactée.
1 à 6A.	0,07993	1 à 6A.	0,07993
1 à 7B.	0,12683	7B.	0,04690
1 à 8B.	0,20814	8B.	0,08131
1 à 9B.	0,29845	9B.	0,09031
1 à H.	0,88230	9B. à H.	0,58385
1 à ∞	1,00000	H à ∞	0,11770
		Somme	1,00000.

De ce tableau nous tirons les conséquences suivantes.

1. En admettant l'extinction, l'éclat de la voie lactée sans bornes n'est plus infini. Il se réduit à 3,3 fois l'éclat que produisent les étoiles des grandeurs 1 à 9B., situées dans cette direction, ou à 12,5 fois celui qui appartient aux étoiles visibles à l'oeil nu.
2. Les étoiles situées au delà de la portée du télescope herschélien de 20 pieds, ne contribuent que de 12 pour cent à l'éclat total de la voie lactée.
3. En soustrayant la contribution des étoiles visibles à l'oeil nu, nous obtenons le chiffre 0,92007 qui exprime la lueur du fond du ciel, pour le milieu de la voie lactée.

Nous pouvons comparer avec l'éclat de la voie lactée, celui que présente la voûte céleste, dans la direction des pôles de cette strate. En retenant l'unité d'éclat du milieu de la voie lactée, nous avons :

Étoiles des classes	Éclat de la voûte céleste dans la direction du pôle.
1 à 6A.	0,06535
1 à 9B.	0,14468
1 à H.	0,21705.

Ces chiffres, comparés soit entre eux soit aux chiffres antérieurs, nous offrent les considérations additionnelles que voici.

4. L'éclat total du ciel dans la direction des pôles n'est que de 0,22 pour cent de celui, qui a lieu dans la voie lactée centrale. Nous avons bien négligé ici les étoiles situées au delà de la portée du télescope herschélien, dans la direction du pôle; mais nous savons que le nombre en est extrêmement petit, et l'influence sur l'éclat tout à fait insensible.

5. Le rapport entre les portions de l'éclat, produites par les étoiles des différentes classes, dans les deux directions, celle de la voie lactée et celle du pôle, varie essentiellement, car nous avons :

pour les étoiles 1 à 6A.	le rapport	1,000 : 0,818
6A. à 9B.	«	1,000 : 0,363
9B. à H.	«	1,000 : 0,124.

6. La lueur du fond du ciel, abstraction faite des étoiles visibles à l'oeil nu, s'exprime ici par le chiffre 0,21705 — 0,06535 = 0,15170; ce qui montre, en le comparant à 0,92007, que le fond du ciel dans la direction du pôle n'a pas même un sixième de la lueur de la voie lactée.

Toutes ces conclusions sont admirablement conformes à l'apparence générale de la voûte céleste.

Pour faire avancer notre connaissance de la constitution de la voie lactée, il est à désirer que les intensités relatives, soit des étoiles, dans les différentes classes de grandeur apparente, soit du fond du ciel, dans les différentes directions, fussent déterminées par la voie purement photométrique. L'observation astronomique aura également à contribuer à une étude ultérieure de la voie lactée, en suivant le chemin, indiqué et pris par Herschel. Il faudra étendre les jauges sur une plus grande portion de la voûte céleste, les combiner aux évaluations des grandeurs apparentes, et surtout les faire dans des grands cercles perpendiculaires à la direction de la voie lactée. C'est ainsi que l'observation fournira les détails pour l'examen de la bifurcation de la Voie. Enfin il faudra faire des jauges avec des télescopes puissants, mais de portées considerablement différentes, ou avec le même télescope, en employant tantôt l'ouverture entière, tantôt une ouverture réduite à une portion aliquote.

SUR

LES DISTANCES DES ÉTOILES FIXES

D'APRÈS LA RECHERCHE

DE

M. C. A. F. Peters,

astronome de l'Observatoire central.

En juin 1846, M. Peters avait présenté à l'Académie un grand mémoire intitulé: *Recherches sur la parallaxe des étoiles fixes.* La publication de cet écrit important ayant été retardée, parce que l'auteur voulait ajouter encore quelques discussions nouvelles, je crois rendre un service à la science, en communiquant aux astronomes un résumé préalable des résultats principaux qu'il contient. Le mémoire est divisé en trois sections:

1. Précis historique des travaux sur la parallaxe des étoiles fixes, jusqu'en 1842.
2. Recherches sur les parallaxes de plusieurs étoiles, déterminées à l'aide d'observations faites au grand cercle vertical d'Ertel de l'Observatoire de Poulkova.

3. Recherche sur la parallaxe moyenne des étoiles de deuxième grandeur.

La première section donne un exposé complet des travaux entrepris pour la recherche des parallaxes, depuis Tycho jusqu'à M. Maclear, joint à une critique soignée et savante de ces travaux. Cette partie est un échantillon distingué d'exposition historique, dans notre science, et rempli de recherches particulières. Les astronomes y liront p. e. avec intérêt, que M. Peters a réussi de déterminer la valeur numérique de l'aberration, à l'aide des distances zénithales de l'étoile polaire, observées par Flamsteed depuis 1689 jusqu'en 1697. Ces observations sont contenues dans une lettre de Flamsteed à Wallis, publiée dans les *Opera* de ce dernier, en 1699. L'aberration trouvée est $20'',676 \mp 1'',11$, et l'erreur probable d'une observation isolée seulement de $6'',0$. Flamsteed était, sans contestation, supérieur à tous ses contemporains dans l'exactitude des observations, mais il était trop faible en théorie mathématique, pour savoir recueillir le fruit scientifique de ses travaux.

La seconde section du mémoire est la plus importante; car elle donne finalement les valeurs de 8 parallaxes, savoir des étoiles α Ursae min., Capella, ι Ursae maj., Groombridge 1830, Arcturus, α Lyrae, α Cygni et 61 Cygni. Ces parallaxes sont déduites d'une suite d'observations, faites par M. Peters en 1842 et 1843, à l'aide du grand cercle vertical d'Ertel, suite qui contient en tout 711 distances zénithales des différentes étoiles, dont 289 de l'étoile polaire.

Le cercle de l'instrument, de 43 pouces de diamètre, est divisé directement de 2 à 2 minutes. La lecture des subdivisions se fait à l'aide de quatre microscopes pourvus de micromètres, et il est possible de pointer les traits de division avec l'exactitude d'un dixième de seconde. Le tube a un objectif de près de 6 pouces d'ouverture, et un grossissement de 215 fois. Mais ce ne sont ni les dimensions

de l'instrument, ni la précision des divisions, qui décident de l'exactitude des observations, c'est plutôt l'intelligence et l'adresse de l'astronome, dirigées à éviter toute influence extérieure désavantageuse, et à éliminer les sources d'erreurs constantes. C'est enfin l'application de tous les moyens, qu'offrent l'analyse et le calcul, qui peut seule mener à des résultats dignes de confiance. Je crois que, sous ces rapports, le travail de M. Peters peut être regardé comme un vrai modèle d'exactitude et de perfection intrinséque. Ce qui se prononce déjà clairement par l'extrême petitesse des erreurs probables d'une distance zénithale, isolée, erreur qui s'est trouvée finalement, après la substitution des valeurs des inconnues dans le complet des équations de condition :

$=0'',13$, pour l'étoile polaire, observée par 4 pointages, deux fois dans chaque position du limbe,
$=0'',22$, pour l'étoile polaire, observée par deux pointages,
$=0'',22$, pour les 7 autres étoiles, observées également par deux pointages, une fois dans chaque position du limbe.

Ajoutons encore, que pour la réduction des observations, l'auteur a poussé les scrupules au plus haut degré, en se servant des coefficients numériques les plus certains, et en introduisant des termes de l'aberration et de la nutation, qui ont été négligés jusqu'ici dans le calcul astronomique, enfin en soumettant les mouvements propres des étoiles en question à une recherche particulière.

Le travail de M. Peters a conduit à une nouvelle évaluation du coefficient constant de l'aberration

$=20'',481$, avec l'erreur probable de $0'',023$.

Le même coefficient a été déterminé définitivement, par les observations que j'ai faites à l'aide du grand instrument des passages de Repsold établi dans le premier vertical,

$=20'',445$, avec l'erreur probable $0'',011$.

s deux chiffres indépendants s'accordent entre les limites de ses erreurs probables. M. Peters regarde cet accord comme le moignage le plus valable de la réalité et de l'exactitude des pallaxes, reconnues à l'aide du cercle vertical. Les astronomes, je ois, souscriront volontiers à cette opinion.

Avant de donner les valeurs des parallaxes, je citerai encore lusieurs résultats intéressants du mémoire.

La flexion du tube a été éliminée dans toutes les observations, par l'opération du changement de l'objectif et de la pièce qui porte l'oculaire, sur les deux bouts opposés du tube conique de l'instrument. Cette opération a donné, en même temps, la valeur de la flexion, dans les différentes inclinaisons du tube par rapport à la ligne verticale. La totalité des observations des 8 étoiles a donné la flexion horizontale $= 0''\!,385$. La Polaire seule avait fourni le coefficient $= 0''\!,380$; et il s'est manifesté que toutes les flexions observées suivent la loi du sinus de la distance zénithale, avec une telle exactitude, que l'écart probable, entre la flexion réelle et celle qui se calcule par $0''\!,385 \sin z$, ne s'élève pas même à $0''\!,01$, depuis le zénith jusqu'à $z = 40°$.

La flexion du tube a été observée dans des températures différentes de près de 40° R., depuis + 20° à — 20° R. M. Peters, en soumettant ces déterminations au calcul, a trouvé une invariabilité sensiblement absolue de la flexion, entre ces limites de température. Car la valeur du changement qu'il a obtenue par la résolution de 18 équations de condition, formées par les groupes d'observations de l'étoile polaire, était inférieure à sa petite erreur probable.

Les observations de l'étoile polaire étaient faites, en majeure partie, par un ciel serein. Il y a cependant un nombre considérable d'observations, où l'étoile a été vue à travers de faibles nuages. M. Peters trouve qu'il est indifférent, en général,

pour l'exactitude d'une observation; qu'elle soit faite le jour et la nuit, par un ciel serein ou à travers les nuages. En divisant les latitudes obtenues en deux classes, selon l'état du ciel, la latitude se trouve:

$59^{\circ}\,46'\,18'',764 \mp 0'',010$, le ciel étant serein,
$18,802 \mp 0,014$, à travers les nuages.

Différence $0'',038 \mp 0'',017$.

L'influence qu'exercent les nuages transparents sur les distances au zénith, est donc en général extrêmement petite. Par une discussion ultérieure, M. Peters trouve seulement, que les observations nocturnes, faites à travers les nuages, donnent une latitude de $0'',070 \mp 0'',025$ plus grande, que celle qui se déduit du complet des observations, faites par un ciel serein; et il paraît que la réfraction est tant soit peu augmentée par l'action des nuages nocturnes.

4. Le dernier chapitre de la seconde section traite de la variabilité de la latitude. Cette recherche intéressante ne se prête point à un bref extrait; aussi a-t-elle déjà été touchée dans une publication préalable de M. Peters. (*Astr. Nachrichten* Nr. 509, et *Bulletin de l'Académie* T. II,). Le résultat de la recherche est indiqué par la valeur $r = 0'',079 \mp 0'',017$, du rayon du petit cercle que décrit le pôle de rotation du globe terrestre, autour du pôle de figure, dans une période de 304 jours. M. Peters élève cependant encore un doute contre la réalité de ce mouvement, parce que peut-être il n'a apparu que par suite d'une petite périodicité annuelle de la réfraction moyenne, dépendante de circonstances locales. Une continuation de ces observations pendant plusieurs années, pourra décider cette question.

Je parviens aux parallaxes elles-mêmes, déterminées par M. Peters, et qui sont:

Parallaxe absolue de 61 Cygni		+ 0″,349,	avec l'err. prob.	0″,080
«	α Lyrae	+ 0,103	«	0,053
«	l'étoile pol.	+ 0,067	«	0,012
«	Groombridge 1830	+ 0,226	«	0,141
«	Capella	+ 0,046	«	0,200
«	ι Urs. maj.	+ 0,133	«	0,106
«	Arcturus	+ 0,127	«	0,073
«	α Cygni	— 0,082	«	0,043.

Sur ces parallaxes l'auteur fait les considérations suivantes:

1. La parallaxe de 61 Cygni = + 0″,349 ∓ 0″,080, s'accorde avec la valeur 0″,348 ∓ 0″,010, trouvée par Bessel à l'aide de l'héliomètre (*Astr. Nachr.* Nr. 402), de beaucoup plus près, qu'il ne fallait s'y attendre selon les erreurs probables. En tout cas, nous devons regarder notre parallaxe comme une confirmation indubitable de la détermination de Bessel. D'autre part, nous trouvons, dans l'accord indiqué, un argument aussi valable, pour la réalité et l'exactitude des autres parallaxes, trouvées à l'aide du cercle vertical.

2. Le cercle vertical a donné la parallaxe absolue de α Lyrae = + 0″,103 ∓ 0″,053, tandis que les mesures micrométriques de M. de Struve avaient fourni + 0″,261 ∓ 0″,025. La différence 0″,158 n'est pas plus grande qu'elle ne puisse encore s'expliquer par les erreurs probables indiquées. En réunissant les deux valeurs, nous aurons comme valeur finale:

   la parallaxe absolue de α Lyrae = + 0″,207, avec l'err. pr. 0″,038.

3. Pour la parallaxe absolue de l'étoile polaire, il y a cinq déterminations indépendantes l'une de l'autre, que nous réunissons ici, en ajoutant leurs erreurs probables et les valeurs de l'aberration, fournies par les mêmes observations qui avaient donné la parallaxe.

Parallaxe de la Polaire.	Erreur prob.	Aberration.	Erreur prob.	
+ 0″,144	0″,056	20″,449	0″,032	Lindenau.
+ 0,075	0,034	20,357	0,030	Struve.
+ 0,172	0,029	20,425	0,018	Struve et Preuss.
+ 0,147	0,030	20,551	0,043	Struve et Preuss.
+ 0,067	0,012	20,503	0,018	Peters.

La première des parallaxes est fondée sur 890 ascensions droites de la polaire, observées par différents astronomes; la seconde repose sur les ascensions droites de Dorpat, observées à l'ancienne lunette méridienne de Dollond, en 1818 à 1821; la troisième sur les ascensions droites observées à Dorpat, en 1822 à 1838, à l'aide du cercle méridien de Reichenbach; la quatrième sur les déclinaisons observées avec le même instrument, depuis 1822 jusqu'en 1838. Enfin la dernière valeur est celle qui a été trouvée à Poulkova En prenant les moyennes, eu égard aux erreurs probables, nous avons les valeurs suivantes:

la parallaxe = + 0″,091 ∓ 0″,010, l'aberr. = 20″,454 ∓ 0″,011. (A)

Ces valeurs seraient les plus probables, si toutes les déterminations étaient absolument exemptes de petites influences constantes. Prenons donc une seconde fois la moyenne, sans considérer les erreurs probables, et nous aurons

la parallaxe = + 0″,121 ∓ 0″,014, l'aberr. = 20″,457 ∓ 0″,021. (B)

En combinant (A) et (B), nous parvenons au résultat:

parallaxe absolue de l'étoile pol. = + 0″,106, avec l'err. pr. 0″,012,
coefficient constant de l'aberrat. = 20,455, « 0,016.

Je regarde, dit l'auteur, cette dernière valeur de la parallaxe de l'étoile polaire comme finale, et il me paraît hors de doute que la valeur = + 0″,106 ne soit réelle, et déterminée à ce degré d'exactitude qu'indique l'erreur probable. Cette persuasion repose surtout sur l'exactitude de l'aberration trouvée = 20″,455, qui ne diffère que de 0″,010 de sa valeur définitive.

4. Pour l'étoile Groombridge 1830, nous avons la parallaxe

$+0'',226$, avec l'erreur prob. $0'',141$.

Ces chiffres indiquent que l'on peut parier un contre un, que la parallaxe se trouve entre les limites $+0'',09$ et $+0'',37$; 4,7 contre un, qu'elle est plus petite que $0'',50$; mais 4700 contre un, qu'elle est plus petite que $1'',00$. La petitesse de la parallaxe de cette étoile est surprenante, en considérant le grand mouvement propre qu'elle a.

5. Parmi les autres quatre parallaxes, de Capella, ι Ursae maj., Arcturus et α Cygni, il y a trois positives et une négative. La petite parallaxe négative de α Cygni n'a rien de choquant, comme elle s'explique par l'erreur probable. Elle nous indique cependant que la parallaxe de cette étoile doit être minime, et l'on peut parier 2000 contre 1, que la parallaxe de α Cygni est plus petite que celle de 61 Cygni.

J'ajoute encore, aux considérations de l'auteur sur la parallaxe de l'étoile Groombridge 1830, la remarque suivante. La parallaxe de cette étoile repose sur 48 distances au zénith, observées en 1842 et 1843, et il en a été déjà question dans le *Compte rendu* de notre Académie pour l'année 1845. Depuis, M. Faye a pris aussi pour objet de ses recherches, l'évaluation de la parallaxe de la même étoile, en observant les différences en ascension droite entre cette étoile et d'autres étoiles voisines, à l'aide de l'équatoréal de l'Observatoire de Paris. Ce savant a trouvé une parallaxe plus grande qu'une seconde, valeur qui ne s'accorde nullement avec celle de M. Peters. Cette dernière jouit cependant, à ce qu'il paraît, de la précision qu'exprime son erreur probable, et on peut dire qu'une parallaxe d'une seconde est incompatible avec la série des distances zénithales observées à Poulkova. J'ose croire, que dans la parallaxe trop forte trouvée par M. Faye, il s'est prononcé le fait de certaines anomalies constantes d'observation, que l'histoire des parallaxes a dé-

jà indiquées en d'autres occasions; p. e. dans la parallaxe négative $= -0'',88$ de 61 Cygni, qu'avait trouvée Bessel, en 1815 et 1816, par des différences en ascension observées à l'aide de l'instrument des passages; parallaxe qui s'éloigne de $1'',23$, de la valeur actuellement connue $= +0'',35$. On trouvera dans le mémoire une note détaillée, concernant ce paradoxe, que j'ai communiquée à M. Peters.

Dans la première partie de ce rapport, j'ai donné une évaluation des distances relatives des étoiles fixes, selon les différentes classes de l'éclat apparent, voyez p. 80 et 81. Quelques exacts que soient ces chiffres, en qualité de valeurs moyennes, ils ne satisfont cependant pas au besoin de la science, parce qu'ils ne conduisent à aucune connaissance réelle des distances, mesurées sur l'échelle d'une unité connue, telle que le rayon de l'orbite terrestre, ou le rayon de notre globe. L'astronomie, par conséquent, se trouve aujourd'hui, vis à vis des étoiles fixes, à peu près dans la même position, dans laquelle elle était placée, il y a au delà d'un siècle, à l'egard du système solaire, jusqu'à ce que l'échelle de ce système fut reconnu, d'abord approximativement par les observations de Mars, et plus tard, dès 1761, avec plus de rigueur, par les passages de Vénus sur le disque du Soleil.

M. Peters a cru possible de déterminer, dès à présent, la valeur moyenne de la parallaxe des étoiles de première ou de deuxième grandeur, avec un degré d'exactitude considérable, en basant cette recherche sur toutes les parallaxes évaluées avec une précision suffisante. Le nombre de ces parallaxes augmente considérablement, dès qu'on y ajoute les parallaxes qui ont été déterminées à Dorpat, en 1818 à 1821, par les ascensions droites relatives des étoiles principales circompolaires et opposées. Les valeurs de ces parallaxes étaient petites, mais presque toutes positives, et leur moyenne, également positive et qui surpassait son erreur probable à peu près

du sextuple, annonçait, il y a 25 ans, une distance mesurable de ces étoiles. On pouvait cependant douter, à cette époque, de la réalité de cette moyenne, et ce n'est que depuis l'évaluation définitive du coefficient constant de l'aberration $= 20'',4451$, faite à Poulkova, et constatée encore par plusieurs recherches du présent mémoire, que ces doutes ont disparu. En effet, l'accord très rapproché entre l'aberration $= 20'',3611$, qu'avaient donnée les observations de Dorpat de 1818 à 1821, avec la valeur définitive, indique soit l'exactitude des parallaxes de Dorpat, soit qu'il faut plutôt les augmenter encore de quelques centièmes de seconde. Cette dernière conclusion repose sur une recherche très soignée, et par laquelle M. Peters démontre que, s'il y a eu dans l'instrument des passages de Dorpat une variabilité journalière, d'après la marche de la température pendant les 24 heures, cette variabilité a été très petite, et que l'influence de cette variabilité a dû être du même signe, soit pour la valeur de l'aberration, soit pour celles des parallaxes. L'importance de la détermination définitive de l'aberration, dans cette recherche, se comprend le plus clairement par la considération suivante. Les observations de Dorpat, faites à l'aide de l'instrument des passages, avaient donné le chiffre $20'',3611$ de l'aberration. Les *Tabulae Regiomontanae*, publiées en 1830 par le premier des astronomes de notre temps, donnaient l'aberration $= 20'',255$. Si ce dernier chiffre était vrai, l'aberration de Dorpat était trop forte, et les parallaxes trouvées également trop fortes. La moyenne des parallaxes, trouvées à l'aide du même instrument qui avait fourni l'aberration, se réduirait, dans ce cas, à zéro ou peut-être à une petite valeur négative. Mais maintenant, la vraie valeur de l'aberration $= 20'',4451$ étant connue, et plus forte que $20'',3611$, il ne reste aucun doute sur la réalité des parallaxes déterminées à Dorpat dans les années 1818 à 1821.

En réunissant les matériaux, M. Peters trouve qu'il y a, en

tout, 35 étoiles dont les parallaxes, soit absolues, soit relatives, sont déterminées avec le degré de certitude, qui permet de les employer à la présente recherche. Il faut cependant exclure de ce nombre, les deux étoiles à grand mouvement propre, 61 Cygni et Groombridge 1830, comme des cas exceptionnels et choisis parmi des milliers d'étoiles. Restent 33 étoiles. Les grandeurs apparentes des étoiles en donnent les distances relatives, pour lesquelles M. Peters, en prenant pour unité la distance moyenne des étoiles de deuxième grandeur, se sert du tableau que j'ai donné dans la préface du *Catalogus Regiomontanus*. C'est ainsi que les différentes valeurs des parallaxes conduisent à autant d'équations de condition, dans lesquelles il n'y a qu'une seule inconnue, savoir la distance moyenne $=p$ des étoiles de deuxième grandeur, équations dont les poids relatifs sont déterminés par leurs erreurs probables. En résolvant ces équations d'après la méthode des moindres carrés, M. Peters parvient à une première approximation de la valeur $=p$, qui est

$$p = +0'',107, \text{ avec l'erreur probable } 0'',006.$$

Mais cette valeur ne peut point être définitive, parce que la juste résolution de ces équations réclame encore plusieurs précautions. Il y a, dans le nombre des équations, quelques unes qui ne sont pas tout à fait indépendantes entre elles, parce qu'elles se rapportent à la même étoile. Il faut, en second lieu, apprécier et introduire, dans les équations, les erreurs constantes possibles, auxquelles les observations du même genre peuvent être sujettes. Puis, il est à considérer que l'hypothèse d'un même éclat absolu, pour toutes les étoiles, est loin d'être rigoureuse, et que par conséquent, dans les cas spéciaux, les distances peuvent être autres que celles qu'indique l'éclat apparent. Même la taxation des grandeurs apparentes a quelque chose de vague; enfin les distances moyennes des étoiles, dans les classes de grandeur apparente, sont sujettes à une certaine incertitude.

M. Peters a su introduire toutes ces considérations dans le calcul, avec cette adresse de spéculation et d'analyse, qui le distinguent. Naturellement que l'introduction de plusieurs sources d'erreurs probables, a dû agir soit sur la valeur finale de l'inconnue à déterminer, soit surtout sur l'erreur probable finale. Dans l'impossibilité de suivre les détails de la savante analyse de l'auteur, je ne puis que donner le résultat qu'il a obtenu:

que la parallaxe moyenne des étoiles de deuxième grandeur est $p = +0,''116$; et que l'erreur probable de cette détermination ne s'élève qu'à $0,''014$.

A ce résultat l'auteur ajoute la réflexion suivante. « La comparaison de cette valeur de p, avec celle que nous a donnée la résolution des équations primitives, $p = +0,''107$, avec l'err. prob. « $0,''006$, nous fait voir, que l'introduction des erreurs probables qui « se rapportent, soit à l'éclat absolu des étoiles, soit aux petites « erreurs constantes des parallaxes trouvées, n'ont presque pas du « tout changé la valeur de p; et nous parvenons à la conclusion, que « notre valeur définitive de p est à peu près indépendante des hy« pothèses que nous avons faites, par rapport aux erreurs des éclats « et des parallaxes. Ce résultat presque inattendu doit être attribué « au nombre considérable des étoiles employées, et à la variété des « instruments qui ont servi aux observations. De l'autre côté, nous « voyons que l'erreur probable du résultat a été dûment augmentée, « par l'introduction des erreurs en question. Mais cette erreur pro« bable, de $0,''014$, est tellement petite en comparaison de la valeur « trouvée $p = +0,''116$, que nous devons regarder celle-ci comme « une détermination qui n'est plus exposée à aucun doute essentiel. « Je regarde donc la valeur de la parallaxe moyenne des étoiles de « deuxième grandeur, $p = +0,''116$, comme le résultat principal et « certain de ma recherche. »

La combinaison de cette valeur p, avec les chiffres du tableau

des distances relatives, p. 81, nous conduit finalement à un tableau des parallaxes et des distances linéaires des étoiles, selon les différentes classes de grandeur apparente. Nous exprimerons toutes les distances par le rayon de l'orbite que décrit la Terre autour du Soleil, et nous ajouterons le temps qu'emploie la lumière pour venir de la distance respective des étoiles jusqu'à l'oeil de l'habitant de la Terre. Pour plus de commodité, nous remplacerons dans ce tableau les rayons des sphères successives par les distances des étoiles intermédiaires entre deux grandeurs, exprimées en nombres entiers, de sorte que la distance d'une étoile de la grandeur apparente = 1,5 est égale au rayon qui renferme toutes les étoiles de première grandeur, la distance d'une étoile de la grandeur 2,5 égale au rayon de la sphère qui sépare les étoiles de deuxième et de troisième grandeur, et ainsi de suite. Les grandeurs exprimées en nombres entiers se rapporteront par conséquent à la distance moyenne des étoiles de chaque classe.

Tableau des parallaxes et des distances lineaires des étoiles au Soleil.

Grandeur apparente.	Parallaxe.	Distance exprimée en rayons de l'orbite terrestre.	Temps, qu'emploie la lumière, pour venir de cette distance jusqu'au Soleil. Années Julien.
1A.	0",209	986000	15,5
1,5A.	0,166	1246000	19,6
2A.	0,116	1778000	28,0
2,5A.	0,098	2111000	33,3
3A.	0,076	2725000	43,0
3,5A.	0,065	3151000	49,7
4A.	0,054	3850000	60,7
4,5A.	0,047	4375000	69,0
5A.	0,037	5378000	84,8
5,5A.	0,034	6121000	96,6
6A.	0,027	7616000	120,1
6,5A.	0,024	8746000	137,9
6,5B.	0,025	8100000	127,7
7,5B.	0,014	14230000	224,5
8,5B.	0,008	24490000	386,3
9,5B.	0,006	37200000	586,7
H.+0,5.	0,00092	224500000	3541,0

lumière qui parcourt l'espace moyen qui sépare le Soleil et
re, dans un intervalle de temps de 18 minutes 17,78 secon-
mploie 15,5 ans pour traverser la distance des étoiles de pre-
grandeur, 138 ans, pour venir d'une des dernières étoiles vi-
à l'oeil nu jusqu'au Soleil, et 3541 ans, pour parcourir l'im-
distance qui se trouve entre les dernières étoiles visibles
e télescope de 20 pieds de Herschel et le Soleil.

Peters termine son mémoire par une application du résul-
tenu. Nous avons mentionné, p. 46, les travaux récents sur
uvement propre du système solaire. M. O. Struve, en com-
le résultat de ses calculs avec celui de M. Argelander,
rminé, que le point vers lequel le mouvement du système
se dirige, est situé, à l'époque 1840,

en ascension droite $= 259^0\ 35',1$, avec l'err. pr. $2^0\ 57',5$
n déclinaison bor. $= 34^0\ 33',6$, « $3^0\ 24',5$.

ıtre, M. O. Struve a réussi à déterminer la valeur angulaire
du mouvemeut annuel du Soleil, tel qu'il se présente, vu sous
gle droit et de la distance moyenne des étoiles de première
eur. Il a trouvé les deux valeurs suivantes de q:

ar les ascensions droit. des ét., $q = 0'',32122$, avec l'err. pr. $0'',02684$,
ar les déclinaisons des ét., $= 0,35719$, « $0,03562$.

mbinaison de ces deux valeurs donne

$$q = 0'',3392, \text{ avec l'erreur probable } 0'',0252.$$

ıultat est digne de confiance, à ce que prouvent les deux va-
indépendantes, obtenues soit par les ascensions droites, soit
es déclinaisons, valeurs qui s'accordent entre les limites des
s probables.

intenant que la parallaxe des étoiles de première grandeur
nnue $= 0'',209$, nous sommes en état de changer le mouve-
angulaire $= q$, en mouvement linéaire dans l'espace $= m$; et

nous avons, en prenant le rayon de l'orbite terrestre pour unité,

$$m = \frac{0,3392}{0,209} = 1,623,$$ avec l'erreur probable 0,229.

Voilà un beau fruit des études réunies de trois astronomes de Russie, MM. Argelander, O. Struve et Peters, basé sur des observations exécutées aux trois observatoires, de Dorpat, d'Abo et de Poulkova, et qui s'exprime par la thèse suivante :

Le mouvement du système solaire, dans l'espace est dirigé vers un point de la voûte céleste, situé sur la ligne droite qui joint les deux étoiles, de troisième grandeur, π et μ Herculis, à un quart de la distance apparente de ces étoiles, à partir de π Herculis. La vitesse de ce mouvement est telle, que le Soleil, avec tous les corps qui en dépendent, avance annuellement, dans la direction indiquée, de 1,623 fois le rayon de l'orbite terrestre, ou de 33550000 milles géographiques. L'erreur probable de ce dernier chiffre s'élève à 4733000 milles géogr., ou à un septième de la valeur trouvée. On peut donc parier 400000 contre un, pour la réalité du mouvement propre progressif du Soleil, et 1 contre 1 qu'il est compris entre les limites de 38 et de 29 millions de milles géographiques.

NOTES.

Note 1. pag. 2.

Copernic commence son immortel ouvrage, *De revolutionibus*, par la thèse que le monde est de figure sphérique. «Principio « advertendum nobis est, globosum esse mundum, sive quod ipsa « forma sit perfectissima omnium, nulla indigens compagine, tota in- « tegra: sive quod ipsa capacissima sit figurarum, quae compraehen- « surum omnia, et conservaturum maxime decet: sive etiam quod ab- « solutissimae quaeque mundi partes, Solem dico, Lunam et stellas, « tali forma conspiciantur: sive quod hac universa appetant terminari. « quod in aquae guttis ceterisque liquidis corporibus apparet, dum « per se terminari cupiunt. Quo minus talem formam coelestibus cor- « poribus attributam quisquam dubitaverit». Mais il ne s'explique point sur la nature des étoiles fixes: «Prima et extrema omnium, « est stellarum fixarum sphaera, seipsam et omnia continens ideo- « que immobilis ». Voyez l'édition de 1543, f. 1 et 9. Voilà tout ce qu'il dit sur les étoiles fixes.

Note 2. pag. 3.

Voici les paroles originales de Galilée. «Magnum sane est supra «numerosam Inerrantium Stellarum multitudinem, quae naturali fa- «cultate in hunc usque diem conspici potuerunt, alias *innumeras* su- «peraddere, oculisque palam exponere, antehac conspectas numquam,

« et quae veteres, ac notas plusquam supra decuplam multiplicitatem « superent. — Altercationes insuper de *Galaxia*, seu de *Lacteo circulo* « sustulisse, ejusque essentiam sensui, nedum intellectui manifestasse « parvi momenti existimandum minime videtur.»

Note 3. pag. 3.

L'année 1622 imprimée sur le titre du quatrième livre de l'*Epitome* de Keppler est une faute typographique. Le livre a été publié en 1620. Voyez: *Catalogus librorum speculae Pulcovensis*, 8. p. XXIV.

Note 4. pag. 3.

Keppler, pour démontrer cette thèse, cite, p. 37., les trois étoiles brillantes de la ceinture d'Orion, distantes l'une de l'autre d'à peu près 83′. En effet, il est à présumer que ces trois étoiles sont dans une dépendance réciproque, parce que la probabilité d'une telle proximité accidentelle, entre trois étoiles de deuxième grandeur, est extrêmement petite. Voyez mon *Catalogus novus* 1827 p. XLVII. Keppler cependant n'aurait pas dû généraliser un cas exceptionnel, mais se contenter de l'idée d'une liaison entre certaines étoiles très rapprochées en apparence.

Note 5. pag. 5.

Ce chiffre de 2000 est assez exact, car d'après les données actuelles, la distance moyenne de Saturne, exprimée en rayons du Soleil, se trouve 9.53885 : sin 16′0″,9 = 2047.6.

Note 6. pag. 5.

Keppler se sert d'une harmonie analogue pour l'évaluation de la distance entre la Terre et le Soleil, en mettant: volume du Soleil: volume de la Terre = distance du Soleil: rayon terrestre.

Cette proportion mène, avec le rayon apparent du Soleil = 15′ qu'il suppose, à la distance $\sqrt[3]{\left(\frac{1}{\sin 15'}\right)^2} = 3469$, ou à une parallaxe horizontale du Soleil = 59″,45, huit fois trop forte.

Note 7. pag. 8.

Voici le titre complet: Allgemeine Naturgeschichte und Theorie des Himmels, oder Versuch von der Verfassung und dem mechanischen Ursprunge des ganzen Weltgebäudes nach Newtonischen Grundsätzen abgehandelt. Königsberg und Leipzig, 1755. 8. (Histoire naturelle générale et théorie du ciel, ou essai sur la constitution et l'origine mécanique de l'univers, d'après des principes newtoniens). L'ouvrage est dédié au grand Roi Frédéric II. Le nom de l'auteur ne se trouve nulle part, ni sur le titre, ni à la fin de la dédicace et de la préface. Kant est revenu une autre fois sur les spéculations cosmogoniques, dans un traité de 1763, *Sur la démonstration de l'existence de Dieu*, que l'on trouve dans ses oeuvres mêlées. (*Kants Kleine logisch-metaphysische Schriften, herausgegeben von Rosenkranz, Leipzig* 1838. 8. p. 254—271). La lecture de ce petit traité facilite l'étude des idées de Kant, car il y est plus systématique que dans *l'histoire naturelle*.

Note 8. pag. 8.

Pag. 18 de l'ouvrage, Kant prédit p. e. l'existence de planètes au delà de Saturne, prédiction qui s'est réalisée depuis par la découverte d'Uranus et de Neptune.

Note 9. pag. 8.

Lalande, dans sa *Bibliographie*, cite les ouvrages suivants publiés par Thomas Whright: *The use of the globes, or the general doctrine of the sphere. London* 1740. 8. *Clavis coelestis, being the explication of a diagram intitled: A synopsis of the universe, or the visible world epitomized. London* 1742. 4. *The theory of the universe. London* 1750. 4. Il paraît que c'est le troisième ouvrage dont parle Kant. Mais il n'a pas vu l'original, ayant lu le mémoire dans le journal, Hamburgische freie Urtheile vom Jahre 1751. La bibliothèque de Poulkova ne possède rien de Wright.

Note 10. pag. 10.

Cette remarque importante, que les étoiles visibles à l'oeil nu sont plus concentrées vers la voie lactée, se trouve ici pour la première fois.

Note 11. pag. 10.

Voyez l'ouvrage de Kant p. 138. Mais l'expression de l'auteur «Wenn er gleich 10000mahl unsere Sonne an Größe übertrifft» manque de précision. Il aurait dû dire: Wenn er gleich 1000000mahl unsere Sonne an Raumgröße übertrifft.

Note 12. pag. 10.

Cette argumentation n'est concluante qu'en supposant la voie lactée de forme annulaire, et le Soleil placé dans l'intérieur de l'anneau comparativement vide. Il ne paraît cependant pas que Kant eût eu cette idée de la forme de la voie lactée; du moins il ne l'a prononcée en aucun endroit de l'ouvrage.

Note 13. pag. 11.

Voyez p. 3 de l'ouvrage.

Note 14. pag. 11.

Voici comment Keppler s'exprime sur la voie lactée, p. 38 et 39 de l'*Epitome:* «Via, Graecis lactea, nostris semita S. Jacobi, diffusa « est per medium fixarum orbem (uti quidem orbis is nobis appa- « ret) dividens illum in duo apparentia Hemisphaeria; estque circulus « ejus inaequalis quidem latitudinis, sed tamen circumcirca non valde « sui ipsius dissimilis. Ergo via lactea notabiliter signat locum Terrae « et mundi mobilis, prae locis omnibus aliis, in regione fixarum.

« Pone namque terram stare ad latus, una semidiametro viae lacteae; « tunc haec via lactea apparebit illi circulus parvus, vel Ellipsis par- « va, tota declinans ad latus alterum; eritque simul uno intuitu conspi- « cua, quae nunc non potest nisi dimidia conspici quovis momento.

« Rursus pone Terram esse in plano quidem viae lacteae, sed vici- « nam altrinsecus ipsi circumferentiae illius: tunc illa pars viae lacteae « ingens apparebit, contraria pars angusta.

« Itaque fixarum sphaera non tantum Orbe stellarum sed etiam cir- « culo lactis versus nos deorsum est terminata.»

Keppler prend donc indubitablement la voie lactée pour un anneau

Note 15. pag. 12.

Le titre original de l'ouvrage est: Cosmologische Briefe über die Einrichtung des Weltbaues. Ausgefertigt von J. H. Lambert. Augspurg 1761. 8. (Lettres cosmologiques sur l'arrangement de l'Univers, composées par J. H. Lambert.)

Note 16. pag. 14.

Les différents chiffrés de cette thèse ne sont point arbitraires. Pour parvenir au nombre approximatif des étoiles réunies dans notre amas, Lambert, faute d'observations plus récentes, a recours à une observation de Galilée qui avait compté, à l'aide de sa lunette à peine inventée, entre le glaive et la ceinture d'Orion, 400 étoiles sur une aire apparente d'environ 10 degrés carrés. En supposant maintenant, pour toute la sphère, une distribution égale des étoiles, Lambert parvient au nombre total de 1650120 étoiles. Ce calcul est cependant illusoire. Car la même lunette n'aurait sûrement pas montré 400 étoiles sur dix degrés carrés dans la région du pôle de la voie lactée, et Lambert néglige de prouver que les étoiles vues dans l'Orion n'appartiennent point déjà en grande partie à la voie lactée. Du nombre trouvé de la totalité des étoiles, Lambert procède à la détermination du rayon extérieur de l'amas. Il aurait dû trouver pour le rayon, exprimé en distances des étoiles de première grandeur, la valeur $\sqrt[3]{\frac{1650120}{35,573}} = 35,925$. Voyez note 41 Mais il parvient au chiffre 75, deux fois trop fort, en supposant que s'il y a douze étoiles dans la distance = 1, il y aura dans la distance = 2, encore 4 fois douze, puis pour la distance 3, encore 9 fois douze étoiles qui surviennent etc., supposition qui ne correspond point à une distribution proportionnelle à l'espace.

Sa taxation du diamètre intérieur de la voie lactée est basée sur la considération suivante. La largeur moyenne de la voie lactée est de 10 degrés. Donc le diamètre apparent de l'amas le plus voisin, dans la voie lactée, doit être plus petit que 10°; car il ne peut pas être plus grand que la largeur de la voie dont il fait partie, celle-ci étant encore augmentée en apparence par la position latérale

de notre amas. Probablement le diamètre apparent d'un amas voisin n'excède pas 5 à 6 degrés, et sa distance sera 10 à 12 fois plus grande que son diamètre.

Note 17. pag. 14.

Mais cette limite tranchante de la voie lactée n'existe pas en réalité, selon l'opinion de W. Herschel. En effet, les régions célestes, voisines de la voie lactée visible, sont encore incomparablement plus riches en étoiles, que d'autres qui sont situées vers le pôle de la voie lactée.

Note 18. pag. 15.

Voyez la note 24.

Note 19. pag. 15.

Cette conclusion, donnée p. 175 de l'ouvrage, n'est pas rigoureuse. En acceptant l'arrangement des amas selon Lambert, la largeur apparente de la voie lactée sera toujours indépendante d'une position plus ou moins centrale de notre amas. L'excentricité de notre position ne pourra produire qu'une intensité plus grande du côté du centre. Si la voie lactée paraît plus large du côté du Capricorne, cela doit être, dans le système de Lambert, une suite de ce que notre amas n'est pas à égale distance des amas voisins placés d'un côté et de l'autre, ou qu'il est excentriquement placé dans son district, mais non pas par rapport à la voie lactée totale.

Note 20. pag. 15.

Lambert dit, préface p. XVII, qu'il avait conclu le mouvement propre des étoiles fixes par induction, et qu'il a appris plus tard, à sa grande satisfaction, les recherches de T. Mayer qui en constataient l'existence. Il paraît que la détermination antérieure des mouvements propres d'Arcturus et de Sirius, par Halley et d'autres, lui était inconnue

Note 21. pag. 17.

Il est intéressant de voir produit ici le principe qui mène à la découverte d'un corps inconnu, dans un système, par l'action perturbatrice qu'il exerce sur les mouvements d'un corps connu, principe qui de nos jours a conduit à la brillante découverte de la planète au delà de l'orbite d'Uranus.

Note 22. pag. 17.

Il est cependant bien à douter qu'un corps, même grand et voisin à un soleil qui l'illumine, soit visible par la lumière qu'il reflète. En tout cas, l'étoile fixe dont il reçoit la lumière, doit être incomparablement mieux visible.

Note 23. pag. 18.

Herschel donne dans son memoire de 1799, la force de pénétration de son télescope de 40 pieds = 196,17 de son échelle, ce qui équivaut à 229,1 fois la distance des dernières étoiles de l'Uranométrie de M. Argelander. Or nous avons la distance de ces étoiles = 8 fois celle des étoiles de première grandeur. Celles-ci restent visibles dans le grand télescope jusqu'à 1800 fois leur distance effective. Donc le diamètre d'un miroir, propre à faire voir les étoiles 150000 fois plus distantes que celles de première grandeur, doit être $4.\frac{150000}{1800} = 333$ pieds, abstraction faite de l'exstinction de la lumière dans l'espace.

Note 24. pag. 18.

L'erreur de Lambert que nous venons d'indiquer, est engendrée par une idée inexacte qu'il s'était formée sur la condensation apparente des étoiles dans la voie lactée, en comparaison des autres parties de la voûte céleste.» Quelques innombrables que soient, dit-il «*p.* 118 et 155, les étoiles hors de la voie lactée, elles sont « cependant, en comparaison de celles que nous présente cette bande, à « peine comme une goutte à l'océan. Supposez que deux étoiles dont « la distance angulaire n'est que d'une seconde, sont à égale distance

« de nous: la distance vraie entre elles sera $\frac{1}{200000}$ de leur di-
« stance du Soleil. Mettons cette distance 500000 fois le rayon de
« l'orbite de la Terre. Dans ce cas, la distance entre les deux étoiles
« sera 2,5 fois celle de la Terre au Soleil. Mais comme elles gravi-
« tent l'une vers l'autre, elles auraient dû tomber ensemble depuis
« longtemps, ou avoir un mouvement de circulation autour du centre
« commun de gravité. Ce mouvement, étant d'une courte période,
« aurait dû être aperçu dans les télescopes, qui montreraient des
« changements continuels de position relative, et l'une des étoiles
« tantôt devant, tantôt derrière l'autre. Mais rien de pareil n'a été re-
« marqué. Donc, de telles étoiles se trouvent à des distances très inéga-
« les du Soleil. Toute la voie lactée devrait fourmiller (de petits
« mouvements), si les étoiles n'y étaient disposées dans de longues
« rangées, l'une derrière l'autre.»

Il y a dans ce beau raisonnement cette inexactitude, qu'il suppose les étoiles de la voie lactée tellement serrées, qu'elles ne présentent en général que des distances angulaires d'une seconde. Du temps de Lambert, on ne connaissait, par l'observation, pas même un seul couple d'étoiles aussi rapprochées entre elles. Sir W. Herschel n'en connaissait que 9 couples; j'en ai trouvé à Dorpat 38 couples nouveaux, et M. O. Struve y a ajouté à Poulkova encore 168. Donc aujourd'hui les télescopes nous font voir à peu près 200 étoiles voisines en dedans d'une seconde. Mais précisément dans de tels couples, l'astronomie moderne a reconnu le phénomène du mouvement de circulation, que Lambert décrit si bien, et dont il révoque l'existence en doute, sans la nier absolument. Car il remarque, p. 167, qu'il faudra décider par l'observation «s'il existe « réellement des étoiles fixes qui se trouvent dans une sphère d'action « réciproque qui produit un mouvement rapide autour du centre de « gravité». C'est donc la trop grande condensation apparente des étoiles dans la voie lactée, que Lambert suppose, qui l'a séduit à les placer à une distance aussi énorme du Soleil.

Mais comment explique-t-il la visibilité des étoiles fixes de cette immense distance? J'avoue que tout ce qu'il dit sur cet objet, est un peu obscur. Dans sa *Photometria* p. 506, il énonce simplement: «quippe et ejusmodi fixas adhuc videmus, quae vel centiesmillies

«remotiores sunt (fixis vicinioribus)»; sans en donner la démonstration. Celle-ci se trouve, quoique d'une manière peu claire, dans les lettres cosmologiques. Voici le résumé de son raisonnement. Nous voyons à l'oeil nu les étoiles jusqu'à la sixième grandeur. Les étoiles au dessous de cette classe de l'éclat sont invisibles à l'oeil, parce que l'oeil ne fait point une image précise d'une étoile, en nous montrant p. e. les étoiles de première grandeur sous un diamètre apparent de deux minutes, qui dans la réalité n'excède guère $\frac{1}{240}$ de seconde. A ce défaut de l'oeil le télescope porte remède, en produisant une image beaucoup plus précise. L'intensité de la lumière des étoiles fixes, égale à celle du Soleil, est maintenant telle, que la visibilité d'une petite étoile ne dépend plus finalement de sa distance, mais seulement de l'impression que sa lumière fait sur un élément d'un nerf de la rétine. Il est indifférent quel est le diamètre de cette impression; l'irritation s'en communiquera toujours à un nerf entier, et produira ainsi une impression également vive, et indépendante de la distance de l'étoile. Voilà l'erreur photométrique de Lambert, et dont il aurait pu se convaincre, s'il avait eu l'occasion de regarder le ciel par plusieurs lunettes de différente ouverture de l'objectif. Nulle part dans l'ouvrage, je n'ai rencontré une mention de ce que la visibilité des étoiles dépend aussi de l'ouverture de l'objectif. Il paraît enfin que Lambert se soit senti forcé à ses raisonnements photométriques inexactes sur ce point, en ne voyant d'autre possibilité pour s'expliquer les distances immenses des étoiles, indiquées par ses spéculations.

Note 25. pag. 19.

Voyez *Philosophical Transactions* vol. LVII. p. 234—264. Le titre du mémoire est: *An Inquiry into the probable Parallax, and Magnitude of the fixed Stars, from the Quantity of Light which they afford us, and the particular Circumstances of their Situation, by the Rev. John Michell.*

Note 26. pag. 19.

Michell n'avait aucune connaissance ni de la recherche identique de Lambert, antérieure de 7 ans, ni des spéculations de Kant,

publiées depuis 12 ans. Mais l'analyse photométrique de Michell est moins complète que celle de son prédécesseur.

Note 27. pag. 19.

Michell émet l'espérance, qu'avec le temps les observations indiqueront les petites parallaxes de quelques étoiles; car il croit possible de construire des instruments propres à indiquer les vingtièmes de seconde. « Mais ces instruments, dit-il, devront être « construits sur un plan bien différent des instruments actuels. » Il faut convenir que cette prophétie s'est accomplie dans les instruments à micromètres, perfectionnés par Fraunhofer.

Note 28. pag. 19.

Il ajoute encore la considération suivante. « Également, ni les oc- « cultations des étoiles fixes par la Lune, ni celles que produisent les « planètes de temps à autre, ne pourront nous donner la valeur des « diamètres réels d'une étoile fixe, par la durée de l'immersion; surtout « à cause des atmosphères qui entourent probablement les planètes. »

Note 29. pag. 20.

Michell trouve que la probabilité d'un rapprochement accidentel est seulement $^1/_{80}$ pour les deux étoiles du Capricorne, distantes de 3′ entre elles. La probabilité décroît à $\frac{1}{500000}$ pour la réunion des six étoiles visibles à l'oeil nu dans les Pléïades. Le premier chiffre est inexact, parce qu'il est basé sur un nombre de 230 étoiles existantes d'égale grandeur apparente avec les deux étoiles du Capricorne. Or dans ce cas, les deux étoiles seraient de troisième grandeur, tandis que l'une n'est que de sixième.

Note 30. pag. 20.

Michell expose à cette occasion, p. 261, le pouvoir des télescopes à grande ouverture, de rendre visible des objets très éloignés. Pour déterminer ce pouvoir, il compare la quantité de lumière que l'instrument mène à l'oeil, à celle qu'il reçoit directement par l'ou-

verture de la pupille. Il est donc le prédécesseur de Herschel par rapport à la pénétration des télescopes dans l'espace.

Note 31. pag. 20.

Il suppose que toute étoile rouge est plus grande en réalité qu'une étoile blanche du même éclat apparent, p. 253.

Note 32. pag. 20.

P. 252, il regarde aussi le mouvement apparent des étoiles fixes comme le produit de leur mouvement réel et du mouvement du Soleil. Ce dernier produira une espèce de parallaxe séculaire qui pourra servir, dit-il, à déterminer les distances de beaucoup d'étoiles, qu'il serait impossible de reconnaître par une autre voie

Note 33. pag. 21.

Kant né en 1724, mort en 1804, était de quatre ans plus âgé que Lambert, né en 1728 et mort à l'age de 49 ans en 1777. Lambert, lors de la publication des lettres cosmologiques en 1761, jouissait d'une certaine réputation, ayant été élu, déjà en 1756, correspondant de la Société de Goettingue. Kant, publia l'histoire naturelle du ciel en 1755; la même année, il donna ses premiers cours à l'université de Koenigsberg, mais ce ne fut que 15 ans plus tard qu'il monta à la chaire de professeur de philosophie. La grande célébrité de Kant est donc d'une date de beaucoup postérieure à 1755. Dans les oeuvres mêlées de Kant, nous trouvons la correspondance entre Kant et Lambert, depuis 1765 Nov., jusqu'en 1770, composée seulement de 5 lettres, dont 3 de L., 2 de K. C'est ici, p. 346, que nous apprenons aussi que les premières idées cosmologiques de Lambert datent de 1749. La note indiquée de Kant se trouve p. 167 de son traité de 1763, et finit par ces mots: « l'accord entre les idées « de cet homme spirituel (Lambert) et celles que j'ai énoncées alors « (1755), va jusqu'aux plus petits détails, et augmente en moi l'espé- « rance, que cette ébauche trouvera, dans l'avenir, plusieurs con- « firmations. » Il y a cependant des différences essentielles dans plusieurs des points de vue des deux auteurs. Chez Kant la voie lactée

est un système du second ordre, chez Lambert elle est du troisième Les différents systèmes du second ordre de Lambert, les amas, sont séparés entre eux par d'énormes espaces vides. Ces vides n'existent pas chez Kant. Celui-ci enfin admet une condensation graduelle des étoiles vers le plan principal, tandis que Lambert voit dans la voie lactée de plus longues rangées d'étoiles. Dans ce dernier point, Lambert s'accorde en quelque sorte avec le système de Herschel de 1785, Kant avec les vues postérieures du grand astronome de Slough.

Note 34. pag. 21.

Le mémoire de Michell était parfaitement connu à Herschel qui le cite dans les termes les plus honorables, en plusieurs endroits. Aussi ce mémoire se trouvait-il dans les publications de la Société savante dont Herschel lui même devint bientôt la gloire. Mais Michell n'a eu certainement aucune idée des livres de Kant et de Lambert.

Note 35. pag. 22.

Depuis l'invention du télescope, Hévélius paraît avoir été le premier, qui ait dirigé son attention particulière sur les nébuleuses. Son *Catalogus stellarum fixarum ad annum* 1660, publié en 1687, et puis annexé au *Prodromus* qui parut en 1690, contient 16 étoiles qu'il désigne par Nebulosa. Derham les réunit dans les *Phil Trans.* 1733. 34 p. 71, et y ajoute encore 6 autres qu'avait mentionnées Halley dans les *Phil. Trans.* 1714—16 p. 390. Parmi ces dernières se trouve la nébuleuse d'Orion, découverte en 1656 par Huyghens. Il paraît étrange qu'elle ait pu échapper à Hévélius; mais il faut se souvenir, qu'il fit ses observations des lieux des étoiles sans employer la lunette Halley ne prit point les nébuleuses pour des collections d'étoiles éloignées; elles ne lui sont «rien autre chose que « de la lumière venue d'une distance énorme dans l'éther, par lequel « une matière (medium) est répandue, qui luit de sa propre lu- « mière». Il prédit en même temps l'existence d'un plus grand nombre de nébuleuses inconnues jusqu'alors. Derham est à peu près de l'opinion de Halley, et dit expressément qu'elles ne sont point des amas d'étoiles comme la voie lactée; il les prend «pour

« de grandes régions de lumière, situées sans doute au delà des « étoiles fixes.» On avait donc, en tout, connaissance de 22 nébuleuses et amas d'étoiles visibles en Europe, avant Messier. Celui-ci porta le nombre jusqu'à 103, mais sans indiquer une opinion distincte sur leur nature, en recommandant, comme de droit, *Mémoires de l'Académie pour* 1771, p. 452, d'examiner, en premier lieu, si les nébuleuses sont sujettes, ou non, à des changements de forme.

Le catalogue des nébuleuses du ciel austral avait été donné par Lacaille dans les *Mémoires* pour 1755. Il contient 42 nébuleuses, dont 6 se trouvent parmi celles qu'observait plus tard Messier. Il faut avouer qu'en 1755, par le travail de Lacaille, la connaissance des nébuleuses du ciel austral était plus avancée que celle du ciel boréal. Aussi Lacaille était-il plus philosophe que Messier. Il divise d'abord les nébuleuses en trois classes:

« La première n'est autre chose qu'un espace blanchâtre mal « terminé, plus ou moins lumineux et d'une figure souvent fort ir- « régulière: ces taches ressemblent assez ordinairement à des noyaux « de comètes faibles et sans queue.

« La seconde espèce de nébuleuses est celle des étoiles qui ne « sont nébuleuses qu'en apparence et à la vue simple, mais qu'on « voit à la lunette comme un amas d'étoiles distinctes, quoique fort « proches les unes des autres.

« La troisième espèce est celle des étoiles qui sont réellement « accompagnées ou entourées de taches blanches ou de nébuleuses « de la première espèce.»

Lacaille dit ensuite, qu'il a examiné la voie lactée et les deux nuées de Magellan, « et que ces parties du ciel se ressemblent si « parfaitement, que ces nuages ne sont que des portions détachées « de la voie lactée, laquelle n'est elle-même composée que de « parties souvent interrompues. » Puis, il révoque en doute que la blancheur de la voie lactée et des deux nuages soit produite par des amas d'étoiles plus serrées que dans d'autres parties du ciel, parce que, par son télescope de 14 pieds, il n'y voyait pas plus d'étoiles qu'ailleurs, où le fond était obscur. (Ces lunettes dont Lacaille se servait au Cap, paraissent avoir été très médiocres, et il s'en plaint lui-même). Lacaille regarde donc « toutes les nébuleuses « de la première espèce comme de petites portions de la voie lac-

« tée, répandues en différents endroits du ciel » et les nébuleuses de la troisième espèce, comme le phénomène accidentel d'une direction identique de l'étoile avec celle d'une nébuleuse. Il ne dit pas ce qu'il pense sur la matière nébuleuse non stellaire.»

Note 36. pag. 23.

Parmi ces 39 volumes, il y a 37 qui contiennent des mémoires écrits par Herschel. Les deux années 1813 et 1817 sont les seuls, où il n'ait point présenté de mémoire à la Société.

Note 37. pag. 23.

Herschel, né Allemand, était astronome entièrement anglais. Il ne commença les études astronomiques qu'après avoir quitté sa patrie. C'est en Angleterre qu'il acquit les moyens de créer ses puissants instruments, c'est en anglais qu'il publia ses mémoires. Il paraît cependant que l'admiration pour ses travaux a été plus générale et plus permanente en Allemagne et en France, qu'en Angleterre. Du moins a-t-on pensé en Allemagne, il y a vingt ans, à une édition complète des oeuvres de Herschel, dont le premier volume a paru en 1826 (W. Herschels sämmtliche Schriften 1-ster Band. Ueber den Bau des Himmels. Dresden und Leipzig 1826. 8.) L'éditeur était l'astronome Pfaff, professeur d'astronomie à Dorpat jusqu'en 1809, depuis à Erlangen. Quant à la France, l'intérêt qu'elle prend encore aujourd'hui à l'astronomie herschélienne, s'est documenté dans l'analyse savante, que M. Arago a donnée dans l'*annuaire* de 1842. (*Analyse historique et critique de la Vie et des Travaux de Sir William Herschel*). Cette analyse est d'une haute valeur; car elle sera, ce me semble, la source où la plupart des astronomes puiseront leur connaissance des travaux de Herschel, jusqu'à ce qu'une édition complète dans la langue originale, en sera entre les mains des savants.

Note 38. pag. 23.

Il est à espérer que cette publication gagnera des additions importantes par les manuscrits de W. Herschel, qui sont entre les mains du fils. Pour la rendre complète, il faudrait y ajouter, je

pense, le catalogue in-folio, publié en 1798 par Miss Caroline Herschel. Les introductions des trois sections de cet ouvrage sont de la plume du frère. L'arrangement systématique de l'édition me paraît de grande nécessité, parce qu'il en faciliterait infiniment l'étude et l'usage. M. Arago a publié, à la fin de son analyse (p. 601—608), un tableau chronologique des mémoires de W. Herschel. J'ai donné une liste systématique de ces mémoires, dans le catalogue de la bibliothèque de notre observatoire.

Note 39. pag. 24.

Astronomy by Sir John F. W. Herschel, London 1833. 8. Cet excellent ouvrage a été traduit en beaucoup d'autres langues européennes. La traduction allemande par Michaelis, publiée en 1838, contient plusieurs notes intéressantes du traducteur.

Note 40. pag. 25.

Cette expression: voisine de l'endroit . . . (*and near the point where it subdivides into two principal lamtnae, inclined at a small angle to each other*) n'est pas conforme à la section de la voie lactée, que Sir W. Herschel a donnée dans son mémoire de 1785. Car ici la distance du Soleil au point où les deux lames se séparent du corps de l'amas, est très considérable. Mais le lieu du Soleil se trouve à peu près dans la prolongation des deux directions principales des deux lames.

Note 41. pag. 26.

Le problème de déterminer la relation entre la distance moyenne $= 1$ des étoiles voisines, et le rayon d'une sphère $= r$, qui contient un nombre N d'étoiles, espacées à peu près régulièrement, a été traité par différents auteurs, comme par Lambert (Cosmologische Briefe 1760, p. 155), par Herschel (*Mémoire de* 1785 ou *Phil. Trans.* 1785) et par Schubert (Bode Jahrbuch für 1805 p. 135). Ces auteurs traitent le problème sous différents points de vue, et en trouvent ainsi des solutions qui ne s'accordent pas entièrement entre elles. Cela s'explique par la nature du pro-

blème; car il est géométriquement impossible, de distribuer un nombre de points dans l'espace, en sorte que chaque point soit à égale distance à un même nombre de points voisins. Chacun s'imagine donc un arrangement particulier des points dans l'espace, pour y baser le calcul. Mais ces différents arrangements avaient un défaut commun, en ce qu'en partant d'un point initial, l'arrangement n'était pas le même pour un autre point quelconque, considéré comme nouveau point de départ. En tout cas, la solution doit remplir la condition fondamentale que le nombre des points (étoiles) contenus en dedans d'une sphère (ou d'un volume quelconque), soit proportionnel au volume. Par cette condition nous aurons $\frac{4\pi}{3} r^3 : N = s$, et s sera l'unité d'espace dont s'augmente le volume, pour chaque étoile à part, ou le module du volume propre à chaque étoile. Il s'agit maintenant de trouver à l'aide de s, la distance moyenne des étoiles voisines. Pour ce but, je suppose que la forme géométrique du module est celle d'un tétraèdre et que la longueur des arêtes de cette pyramide détermine la distance moyenne $= 1$ des étoiles voisines. Or le volume d'une telle pyramide étant $s = \frac{1}{12}\sqrt{2}$, nous aurons $16\pi r^3 = N\sqrt{2}$, et $r = \sqrt[3]{(\frac{N\sqrt{2}}{16\pi})} = \sqrt[3]{\frac{N}{35,573}}$.

Si dans le champ d'une lunette, d'un rayon apparent $= \lambda$ exprimé en secondes, le nombre des étoiles visibles est $= n$, nous aurons pour le nombre N des étoiles visibles sur la voûte céleste totale, en supposant toujours une distribution régulière,

$$N = \frac{4\pi}{\sin\lambda^2} n, \text{ et } r = \sqrt[3]{\frac{n.\sqrt{2}}{4\sin\lambda^2}} = 2468,5 \sqrt[3]{\frac{n}{\lambda^2}}.$$

Herschel nous donne p. e. $n = 588$ et $\lambda = 450$, selon une de ses jauges, ou 588 étoiles visibles dans le champ de sa lunette, de 15 minutes de diamètre. Il en déduit, par deux méthodes, une fois $r = 497$, et l'autre fois $r = 464$. Notre formule donne, ici comme en d'autres cas, une valeur plus faible, $r = 352,2$.

Note 42. pag. 26.

La lunette employée dans les jauges avait encore le petit miroir. Ce n'est que depuis 1786 que Herschel lui donna la vue de front (the front view), qui en épargnant le petit miroir, augmente consi-

dérablement la force de l'instrument. Le télescope avait, selon Herschel, dans sa première construction, une force de pénétration = 61,18, qui s'éleva, par la vue de front, à 75,08. Sur la force de pénétration voyez la note 59.

Note 43. pag. 27.

Selon Herschel, le pôle de la voie lactée a, pour 1785, l'ascension droite = 186°, et la déclinaison = + 32°. Un plan qui coupe l'équateur sous un angle de 35°, en 304°30′ d'ascension droite, passe à une distance de 0°23′ de ce pôle.

Note 44. pag. 28.

M. Arago, dans son *Analyse*, p. 456, rapporte que «la nébuleuse se trouve ainsi cent fois plus étendue dans une direction «que dans une autre. Les nombres que je viens de rapporter, dit-il, «sont ceux dont le scrupuleux observateur s'est servi pour donner «une coupe, et même une figure sur trois dimensions, de la vaste né«buleuse etc.» Il y á là une méprise, car la proportion du maximum et du minimum de l'étendue de la section qu'a donnée Herschel, est de 1 : 5½. Il me paraît que, dans cet endroit de l'analyse, il se trouve encore une seconde inexactitude. Herschel ne donne que la coupe de la voie lactée, dans le mémoire de 1785; dans celui de 1784, il y a bien une figure sur trois dimensions, mais qui n'est donnée que pour expliquer la théorie, quoiqu'elle ait quelque ressemblance avec l'idée qu'il s'était formée alors de la voie lactée.

Note 45. pag. 29.

Cette distance de 2000 unités = distances de Sirius, ne s'accorde point avec la grandeur de la nébuleuse, que Herschel suppose dépasser celle de notre voie lactée. En effet, le plus petit diamètre de la section de notre voie lactée = 155 unités, devrait être placé à la distance de 6000 unités, pour présenter une étendue apparente de 1°30′, que nous voyons dans la nébuleuse d'Andromède.

Note 46. pag. 29.

Herschel dirige ici l'attention sur l'examen de la parallaxe des nébuleuses planétaires. Or il est clair que tout objet stellaire, d'un diamètre apparent sensible, doit être soit un corps d'une dimension énorme, soit un corps situé dans une proximité particulière. Cette considération que m'avait également faite Olbers, à plusieurs reprises, nous engage à une recherche scrupuleuse des parallaxes des nébuleuses planétaires, travail commencé déjà, à l'aide du grand télescope de l'Observatoire central, par M. O. Struve.

Note 47. pag. 30.

Voici les deux passages du mémoire de 1785 relatifs aux limites de la voie lactée.

« It is true, that it would not be consistent confidently to af-« firm that we were on an island unless we had actually found « ourselves every where bounded by the ocean». (Surément, il ne serait pas en règle, d'avancer que nous nous trouvons sur une île, sans avoir reconnu que l'océan nous entoure de tous côtés.)

« From these considerations it appears again highly probable, that « my present telescope, not shewing such a nebulosity in the milky « way, goes already far beyond its extent». (Par ces considérations, il devient de nouveau extrêmement probable, que mon instrument actuel, comme il ne montre plus une telle nébulosité dans la voie lactée, en dépasse déjà les limites de beaucoup.) Nous verrons plus tard comment cette persuasion s'est réformée depuis.

Note 48. pag. 30.

Dans notre collection des mémoires de Herschel, il se trouve à côté de l'étoile ζ Ursae majoris (III, 2 du catalogue de 1782), une note manuscrite de l'auteur, qui donne le 9 Avril 1774 comme la date de l'observation de la distance et de l'angle de position C'est, à ce qu'il paraît, la première de ses observations, que Herschel ait publiée. Les deux dernières mesures micrométriques d'étoiles doubles,

faites par Herschel, et que j'ai trouvées dans ses publications, sont sur ε Lyrae et δ Cygni, du 29 Mai 1804; dans le mémoire: *Continuation of an Account of the changes etc.*, de 1804. Le catalogue des 145 nouvelles étoiles doubles, publié en 1821, a été construit sur les observations antérieures, jusqu'en 1802.

Note 49. pag. 31.

Voici le passage du mémoire de 1785, qui exprime les réserves de l'auteur: «However I would not be understood to lay a greater «stress on these and the following calculations than the principles «on which theare founded will permit: and if hereafter we shall find «reason, from experience and observation, to believe that there are «parts of our system where the stars are not scattered in the manner «here supposed, we ought then to make proper exceptions». (Je ne voudrais pas être censé cependant, avoir attribué aux calculs suivants un plus grand poids, que ne le permettent les principes qui en font la base. Et si, plus tard, par l'expérience et l'observation, nous trouvons des raisons de croire, qu'il y a des parties de notre système où les étoiles ne sont pas distribuées selon notre hypothèse, nous serons engagés alors à faire les exceptions convenables.)

Note 50. pag. 31.

Ces 12 mémoires sont les suivants:

1) 1786. *Catalogue of one Thousand new Nebulae and Clusters of Stars.* (Catalogue d'un millier de nouvelles nébuleuses et amas.)
2) 1789. *Catalogue of a second Thousand of new Nebulae etc.* (Catalogue d'un second millier de nouvelles nébuleuses et amas; avec quelques remarques sur la constitution du ciel.)
3) 1791. *On Nebulous Stars properly so called.* (Sur les étoiles nébuleuses proprement dites.)
4) 1794. *On the Nature and Construction of the Sun and fixed Stars* (Sur la nature et la constitution du Soleil et des étoiles fixes.)
5) 1796. *Method of observing the Changes that happen to the fixed Stars etc.* (Méthode d'observer les changements des étoiles fixes,

avec des remarques sur la stabilité de la lumière de notre Soleil. Catalogue des intensités comparatives des étoiles.)

6) 1799. *On the Power of penetrating into Space by Telescopes.* (Sur le pouvoir des télescopes de pénétrer dans l'espace.)

7) 1802. *Catalogue of* 500 *new Nebulae etc.* (Catalogue de 500 nouvelles nébuleuses et amas d'étoiles, avec remarques sur la constitution des cieux.)

8) 1806. *On the Quantity and Velocity of the Solar Motion.* (Sur la quantité et la vitesse du mouvement solaire.)

9) 1811. *Astronomical Observations relating to the construction of the Heavens.* (Observations astronomiques sur la constitution des cieux.)

10) 1814. *Astronomical Observations relating to the sidereal part of the Heavens, and its connection with the nebulous part.* (Observations astronomiques sur la partie sidérale des cieux, et sa connexion avec la partie nébuleuse.)

11) 1817. *Observations and experiments on the local arrangement of the celestial bodies in space, and to determine the extent of the milky way.* (Observations et expériences sur l'arrangement des corps célestes dans l'espace et sur l'étendue de la voie lactée.)

12) 1818. *Observations and experiments for ascertaining the distances of clusters of stars, and investigating the power of our telescopes.* (Observations et expériences pour reconnaître les distances relatives des amas d'étoiles, et pour rechercher le pouvoir de nos télescopes)

Note 51. pag. 35.

Il est clair, qu'à cette époque, l'argumentation de Michell, sur la dépendance physique des étoiles doubles et triples, ne parut pas concluante à Herschel. Aussi, dit-il, dans un *Postscriptum* au catalogue de 1782, qu'il n'emploie l'expression d'étoile double, par préférence aux mots Comes, compagnon, satellite, que « parce que, « selon son opinion, il est beaucoup trop tôt de former une théorie « quelconque, de petites étoiles circulantes autour de plus grandes. » Ce *Postscriptum* se rapporte à l'ouvrage de Chr. Mayer de Man-

heim: *De novis in coelo stdereo Phaenomenis*, publié en 1779, mais dont Herschel n'eût connaissance, qu'après avoir achevé son premier catalogue d'étoiles doubles. On voit donc que l'entreprise de la recherche des étoiles doubles, de la part de Herschel, est tout à fait indépendante du travail de Mayer, et que les spéculations heureuses mais fantastiques de ce dernier, n'obtinrent point, à cette époque, l'approbation de l'astronome calme de Slough.

Note 52. pag. 37.

Ce principe avait déjà été reconnu par Herschel en 1783, à la fin de son premier essai sur le mouvement propre du Soleil, où il dit « nous n'avons à présent aucune autre méthode pour juger « de la distance relative des étoiles fixes, que par leur éclat ap- « parent » L'année suivante 1784, il y substitua le principe du dénombrement des étoiles à l'aide les jauges. On doit s'étonner que Herschel n'ait pas reconnu d'abord, que les distances trouvées par les jauges sont en contradiction avec l'éclat apparent des étoiles. Déjà Michell avait employé la comparaison photométrique des étoiles, pour en déterminer les distances relatives.

Note 53. pag. 38.

L'analogie nous engage, selon Herschel, à trouver vraisemblable que les autres étoiles isolées sont accompagnées de planètes, de satellites et d'un grand nombre de comètes, comme notre Soleil. Quant aux étoiles qui forment des systèmes sidéraux compliqués, le contraire lui paraît plus probable. Herschel se prononce à cette occasion aussi sur la cause du mouvement propre du Soleil en ces termes: « quoique nous ayons de bonnes raisons, pour ad- « mettre que notre système n'est pas complètement en repos, les « causes de ce mouvement propre doivent être plutôt attribuées aux « perturbations produites par l'action des étoiles et des systèmes « voisins, que mises sur le compte d'une révolution périodique au- « tour d'un centre imaginaire éloigné. »

Note 54. pag. 38.

Herschel emploie les expressions, clusters, clustering collection, clustering power. M. Arago rend cluster par nébuleuse résoluble. J'ai préféré l'expression d'amas d'étoiles, employée dans ce sens par Lacaille et Messier, et qui correspondent aussi à Sternhaufen, reçu depuis longtemps par les astronomes allemands. Herschel lui même indique par l'expression résolvable nebulae, des nébuleuses qui excitent le soupçon qu'elles sont composées d'étoiles, en sorte qu'on doit attendre à les voir séparées en étoiles distinctes, à l'aide de télescopes encore plus forts, que le télescope de 20 pieds employé dans les sweeps. Toutes les nébuleuses que ce télescope résolvait effectivement en étoiles lui sont des amas (clusters). Il est presque impossible de rendre le pittoresque de l'expression clustering power. En la traduisant par pouvoir de concentration, on introduit l'idée du centre d'un corps sphérique. Mais cette forme n'est pas la forme générale des amas; elle ne s'y trouve qu'exceptionnellement dans un petit nombre d'amas globulaires, globular clusters.

Note 55. pag. 39.

L'origine de l'état actuel du système du monde, d'un état antérieur de diffusion de la matière chaotique, est l'objet principal de la seconde partie *de l'histoire naturelle du ciel* de Kant.

Note 56. pag. 39.

S'il y a peut-être des astronomes qui regardent l'idée de Herschel, sur la transformation successive des masses nébuleuses en étoiles, comme une extravagance fantastique de l'auteur, et qui déclarent brièvement, que toute nébuleuse n'est autre chose qu'un amas éloigné d'étoiles: il faut leur rappeler que cette dernière opinion était aussi précisément celle de Herschel, au commencement de sa carrière scientifique, et que l'autre idée ne lui est venue, qu'après avoir découvert et examiné 2500 nébuleuses et amas.

Note 57. pag. 40.

Des 30 amas globulaires, il y a 16 dans la voie lactée, et 14 ailleurs. La voie lactée est par conséquent 10 fois plus riche en amas globulaires, que les autres parties du ciel. Mais en même temps, la voie lactée est pauvre en nébuleuses non résolubles, et ce sont précisément les régions voisines de l'un des pôles de cette trace, dans les constellations de la Vierge et de la Chevelure, où ces nébuleuses se trouvent en abondance. Cette circonstance remarquable me paraît parler le plus distinctement pour l'hétérogénéité des amas d'étoiles et des nébuleuses réelles.

Note 58. pag. 40.

L'énumération détaillée de ces nuances est donnée dans le mémoire de 1817. Nous y voyons que 8 de ces nuances appartiennent à la branche principale de la Voie, 4 à la branche secondaire, et 6 à la continuation simple depuis α Cygni jusqu'à Persée. Enfin une tache obscure est citée, entre α et γ Cassiopeae.

Note 59. pag. 41.

La puissance que les télescopes possèdent pour pénétrer dans l'espace, est l'objet du mémoire de 1799 intitulé: *On the Power of penetrating into Space by Telescopes.* Herschel attribue à chaque instrument un pouvoir de pénétration p, qui est déterminé par $p = \sqrt{\frac{S}{s}}$, où S indique la somme des rayons de lumière que l'instrument conduit à l'oeil, et s la somme des rayons que rassemble la pupille. Si A est l'ouverture libre du miroir ou de l'objectif, a celle de la pupille $= 0{,}2$ pouce anglais, selon Herschel, et μ un coefficient qui exprime la relation entre la quantité de lumière qui tombe sur l'objectif et celle qui sort de l'oculaire, nous aurons $\frac{S}{s} = \mu \frac{A^2}{a^2}$; donc $p = \frac{A}{a}\sqrt{\mu}$. Dans la construction newtonienne, avec le petit miroir dont b indique le petit axe, la formule devient $p = \sqrt{(\mu \frac{A^2 - b^2}{a^2})}$. Herschel a déterminé μ par des expériences di-

rectes sur la perte en lumière que produit soit la réflexion, soit le passage à travers les verres. C'est ainsi qu'il a trouvé les pénétrations suivantes:

	Ouverture, pouces ang.	$p =$	
1. Chercheur de Nr. 4.	0,75	3,56,	lunette ordinaire.
2. Chercheur de Nr. 8.	1,17	4,50,	lunette achromatique.
3. Petit balayeur (small sweeper) de 2 pieds	4,2	12,84	télescopes de réflexion, construction de Newton, avec le petit miroir.
4. Télescope de 7 pieds	6,3	20,25	
5. Grand balayeur (large sweeper) de 5,2 pieds	9,2	28,57	
6. Télescope de 10 pieds	8,9	28,67	
7. Petit télescope de 20 pieds	12,0	38,99	
8. Grand télesc. de 20 pieds	18,8	61 18 75.08	télescopes à vue de front.
9. Grand télesc. de 25 pieds	24,0	95,85	
10. Grand télesc, de 40 pieds	48,0	191,69	

4. C'est l'instrument à l'aide duquel Herschel a fait ses deux catalogues d'étoiles doubles et découvert Uranus. Cet instrument a eu une haute perfection optique, prouvée par les résultats qu'il a donnés.

7. C'est le premier des télescopes de vingt pieds, achevé en 1776, mais rarement employé, à ce qu'il paraît.

8. L'instrument principal de Herschel employé aux jauges et aux sweeps, pour la découverte des nébuleuses, en usage depuis 1783 octobre, dans sa première construction newtonienne. Plus tard, l'instrument a été amélioré, par l'introduction de la vue de front, en usage régulier dès le commencement de 1788. L'instrument, dans ce nouvel état, conduisit à la découverte de deux satellites d'Uranus.

9. Herschel n'a employé cet instrument que rarement. L'époque de l'achèvement est 1798. Un autre télescope de 25 pieds est mentionné comme antérieur.

10. Le grand télescope, achevé en 1789, conduisit immédiatement à la découverte du 6-me et 7-me satellite de Saturne.

Herschel, dans sa recherche sur la pénétration, ne regarde point le grossissement $= m$, mais il donne la juste règle que, si le télescope doit agir de sa force totale, m doit être plus

grand que $\frac{A}{a}$. Pour le télescope de 20 pieds, employé dans les jauges, A est $= 18{,}8$ et $a = 0{,}2$; $\frac{A}{a} = 94$. Donc $m = 94$ est le grossissement le plus faible qui dût être appliqué à ce télescope. Dans les sweeps et les jauges, Herschel a employé toujours $m = 157$ (the sweeping power). On voit que dans ce genre d'observations, il se contenta d'un grossissement comparativement faible, mais qui, avec un champ assez large de 15′4″ de diamètre, favorisait la visibilité des nébuleuses et des étoiles les plus petites, sur le fond du ciel. D'un autre côté, ce grossissement faible a été la cause de ce que la récolte d'étoiles doubles très resserrées n'a été que très petite, dans les sweeps. La grande récolte de ces étoiles que nous avons faite à Dorpat et Poulkova, est la suite des grossissements plus forts, de 198 et de 412 fois, combinés à la précision éminente des images, dans les lunettes de Munich. La visibilité des étoiles extrêmement faibles dépend, en grande partie, de l'état de l'atmosphère. C'est déjà la règle de ne jamais faire la recherche des objets difficiles à voir, que quand l'atmosphère admet des images précises, c. à. d. ni ondulantes, ni diffuses. Dans cet état favorable de l'atmosphère, la visibilité ne change guère avec le grossissement; cependant les grossissements moyens sont en général les plus avantageux. Dans la grande lunette de Poulkova, le grossissement de 412 fois montre le mieux les petites étoiles, qui disparaissent quand on pousse le grossissement au delà de mille. Mais cette dernière force est d'une haute valeur pour la résolution des étoiles doubles les plus resserrées, et qui n'ont été reconnues, avec le grossissement de 412 fois, que par la figure un peu oblongue de l'étoile.

Note 60. pag. 45.

Il y a deux mémoires intéressants de M. Argelander relatifs aux éclats des étoiles, l'un *De fide Uranometriae Bayeri*, publié en 1842, et l'autre *De stella β Lyrae variabili*, publié en 1843. Le premier a le grand mérite d'avoir détruit les idées erronées, qui régnaient généralement sur la signification photométrique des lettres grecques, employées par Bayer dans son *Uranometria* de 1603.

Note 61. pag. 45.

Pour la photométrie des étoiles il existe un obstacle grave, dans la diversité des couleurs des étoiles. Le jugement sur l'intensité de la lumière colorée paraît être en partie subjectif. Par nombre d'expériences, j'ai remarqué que la plupart des personnes tant soit peu myopes voient les étoiles rougeâtres comparativement plus faibles, que les presbytes. M. Argelander p. e. voit les trois étoiles blanches de la queue de la Grande Ourse, ε, ζ et η, toujours plus luisantes que α. Je vois cette dernière complétement égale à ε et η, et même quelquefois plus brillante, tandis que ζ m'est à l'ordinaire plus faible que α, ε et η. Il y a cependant une certaine variabilité dans l'éclat des trois étoiles de la queue. Le premier rang appartient tantôt à ε, tantôt à η. Mais j'ai vu aussi ζ prête à disputer le rang aux deux autres. Il y a des personnes qui sont insensibles à la diversité des couleurs des étoiles. Je crois qu'ils voient les étoiles rougeâtres aussi plus faibles. Les myopes, en se servant de besicles, changent de jugement. M. Peters voit à peine β Ursae minoris qui est d'un rouge intensif, quand il distingue très bien la Polaire qui n'est qu'un peu jaunâtre. Mais avec les besicles, la différence lui disparaît. La circonstance indiquée me paraît également embarassante, pour les expériences à faire avec un appareil photométrique quelconque, et pour celles qui se font à la vue simple. La différence des couleurs d'Arcturus et de la Lyre étant frappante, je doute que la photométrie puisse jamais décider, laquelle des deux étoiles est la plus brillante.

Note 62. pag. 47.

Le mémoire publié en 1844 *Sur la variabilité du mouvement propre des étoiles fixes* (*Astronomische Nachrichten* Nr. 514 — 516) est un des derniers dont le grand astronome de Koenigsberg a enrichi la science, travail également admirable par la profondeur de la théorie, que par l'application nouvelle des riches matériaux que lui avaient fournis ses observations et ses calculs. Bessel prouve qu'en comparant les lieux des *Tabulae Regiomontanae* aux dé—

ıisons de Procyon et aux ascensions droites de Sirius, observées
érieurement à 1820, il se manifeste des différences croissantes.
ı une telle comparaison doit toujours mener à des différences
fortes en apparence. Les déclinaisons des *Tabulae Regiomon-*
ıe étant basées sur des positions observées en 1755 et 1820,
luence des erreurs, qui ont lieu dans ces deux positions fonda-
ıtales, sur une comparaison avec la position de 1844, est augmentée
proportion de 65 à 89. Il paraît donc nécessaire, si l'on veut
'enir à un jugement exact, par une série quelconque de com-
ıisons entre les lieux observés et ceux des tables, de rechercher,
:ombien un changement du mouvement propre moyen, supposé
ı les tables, suffit pour diminuer les différences, et de regarder
erreurs alors restantes comme les vrais indices de l'irrégularité
mouvement propre. Par cette voie j'ai soumis les chiffres donnés
Bessel à un nouveau calcul, qui m'a conduit à la conclusion
ante. Les observations de Procyon n'énoncent rien de certain
même de probable sur une irrégularité du mouvement propre
léclinaison de cette étoile. Les observations de Sirius au con-
e paraissent indiquer une anomalie en ascension droite, qui
ite toute attention, sans cependant décider la question. Dans
circonstances, il paraît le plus propre de baser une nouvelle
erche, sur la comparaison des ascensions droites de cette étoile
l'autres étoiles voisines et assez brillantes de la même constel-
ın, qui se trouvent dans les *Fundamenta*, dans les catalogues
Piazzi et de Pond, en y ajoutant de nouvelles observations
r l'époque actuelle. Voyez la note finale.

Note 63. pag. 47.

Herschel, *Treatise on Astronomy* 1833, p. 415, Note.

Note 64. pag. 48.

Nous citons ici l'Observatoire de Cincinnati en Amérique, la-
de 39°5′, qui possède un télescope parallactiquement monté,
à Munich par Mm. Merz et Mahler, de près de 12 pouces
ais d'ouverture. L'astronome M. Mitchel a déjà entrepris une

perlustration de la zone située au Sud de — 15° de déclinaison, où cesse le catalogue des étoiles doubles de Dorpat. Ce travail fini nous donnera sûrement un nombre considérable d'étoiles composées, inconnues jusqu'à présent. Une des premières découvertes de M. Mitchel a été qu'Antares est une étoile double. Il serait bien à désirer, qu'un instrument pareil fût enfin établi au Cap de Bonne Espérance, pour une activité permanente, dirigée surtout aux étoiles doubles, aux nébuleuses et aux apparitions des comètes, sur l'hémisphère antarctique.

Note 65. pag. 50.

Ces chiffres sont tirés d'une lettre de Sir J. Herschel, datée du 27 décembre 1846.

Note 66. pag. 50.

Un second examen d'un grand nombre d'étoiles contenues dans notre catalogue préalable, construit par suite de cette révision, a démontré, qu'en général les étoiles dites de 7-me grandeur sont plus faibles aux environs du pôle de la voie lactée, que près de cette trace luisante. Le même résultat s'est manifesté dans les mesures micrométriques des étoiles doubles du nouveau catalogue, exécutées par M. O. Struve.

Note 67. pag. 51.

Voici le titre de l'ouvrage, qui vient de sortir de la presse: *Positiones mediae stellarum fixarum in zonis Regiomontanis a* Besselio *inter* — 15° *et* + 15° *declinationis observatarum, ad annum* 1825 *reductae et in catalogum ordinatae, auctore M. Weisse. Jussu Academiae Imperialis Petropolitanae edi curavit et praefatus est F. G. W.* Struve. *Petropoli* 1846. 4°. Préface L pages, avec trois lithographies.

Note 68. pag. 51.

La comparaison des positions identiques du catalogue bessélien et du catalogue de l'*Histoire céleste* se fera aisément, à l'aide des

récessions données par M. Weisse avec les variations séculaires. Chaque étoile qui présentera, entre les deux positions réduites à la même époque, une différence notablement plus grande que $\sqrt{(\varepsilon^2+\eta^2)}$, où ε et η indiquent les erreurs probables des positions, sera suspecte d'un mouvement propre. Mais comme les positions sont basées à l'ordinaire sur des observations isolées, et par là sujettes à des erreurs, il faudra constater ces mouvements propres par une nouvelle observation. J'ai donné, dans la préface du catalogue, selon les calculs de M. Weisse, les erreurs probables des positions besséliennes déduites d'une observation isolée, $0^s,15$ en asc. dr. et $1'',0$ en déclinaison. Il sera intéressant de comparer à ces erreurs probables celles des positions de l'*Histoire céleste*.

Note 69. pag. 52.

Les grandeurs indiquées par Bessel vont depuis 1 à 9.10 = 9,5. Il n'y a que trois étoiles de 10-me grandeur, que nous avons dû exclure. En général, les grandeurs intermédiaires comme 7.8 = 7,5 etc., sont beaucoup moins fréquentes chez Bessel, que les chiffres entiers voisins, 7 et 8. Nous comptons p. e., dans la Zone, 2000 étoiles de 7-me grandeur, 801 étoiles de 7.5 et 5977 étoiles de 8-me. C'est que Bessel a tâché, en général, de donner aux étoiles une grandeur exprimée en nombres entiers, et qu'il n'a employé le chiffre intermédiaire, qu'en cas d'une indécision du jugement. Il s'en suit qu'il faut ajouter la moitié des étoiles 7,5 à la classe des étoiles de 7-me grandeur, et l'autre moitié à la classe des étoiles de 8-me grandeur, pour avoir les sommes des étoiles, dans les différentes classes de grandeur, exprimées en nombres entiers.

Note 70. pag. 53.

Voici se résultat de mes comparaisons des grandeurs selon Piazzi Bessel, basé sur 2339 étoiles comparées.

4,24 B.	= 4,12 P.,	B. — P.	= +0,12
4,78 «	4,50		+0,28
5,29 «	5,00		+0,29
5,76 «	5,37		+0,39
6,30 «	5,91		+0,39
6,66 «	6,38		+0,28
7,03 «	6,92		+0,11
7,47 «	7,50		—0,03
7,95 «	7,96		—0,01
8,46 «	8,39		+0,07

Pour les notations de Bessel et de M Argelander, j'ai trouvé, par la comparaison de 800 étoiles communes, B — A = 0,65; c. à. d. l'Uranométrie de M. Argelander, contenant les grandeurs 1 à 6A., représente les étoiles 1 à 6,65 B.

Note 71. pag. 54.

C'est un problème du calcul des probabilités à résoudre, qui s'énonce de la manière suivante.

Supposons que par la méthode d'observation employée dans les zones bessèliennes, on ait sur une même portion de la voûte céleste,

dans l'ordre d'éclat μ, le nombre d'étoiles observées r,
« « « μ', « « « « r';

et que le nombre des étoiles existantes de l'ordre μ soit connu $= z$. L'on cherche le nombre $= z'$, des étoiles de l'ordre μ', existantes sur la même portion de la voûte céleste, en sachant que,

parmi les r étoiles observées de l'ordre μ,	et parmi les r' étoiles observées de l'ordre μ',			
il y a a	a'	étoiles	observées	1 fois
b	b'	«	«	2 «
c	c'	«	«	3 «
d	d'	«	«	4 «
e	e'	«	«	5 «

J'ai trouvé la solution suivante. Mettons:

$$a + 2b + 3c + 4d + 5e = f, \quad a' + 2b' + 3c' + 4d' + 5e' = f',$$
$$b + 3c + 6d + 10e = g, \quad b' + 3c' + 6d' + 10e' = g'.$$

Nous avons

$$z' = z \cdot \left(\frac{f'}{f}\right)^2 \frac{g}{g'}.$$

Note 72. pag. 58.

Ces rayons ont été obtenus de la manière suivante. Il y a, dans les deux régions riches réunies de notre Zone: 144 étoiles des grandeurs 1 à 5A.; 398 étoiles des grandeurs 1 à 6A.; 1665 étoiles des gr. 1 à 7B.; 6646 étoiles des gr. 1 à 8B.; 24250 des gr. 1 à 9B. D'où nous tirons les rayons suivants

$$\sqrt[3]{\frac{144}{398}},\quad 1\quad ,\ \sqrt[3]{\frac{1665}{398}},\ \sqrt[3]{\frac{6646}{398}},\ \sqrt[3]{\frac{24250}{398}}$$

$$0{,}7126,\ 1{,}0000,\ 1{,}6113,\ 2{,}5560,\ 3{,}9350.$$

Pour le rayon extrême des étoiles 6B., nous avons $\sqrt[3]{\frac{352}{398}} = 0{,}9599$. Tous ces rayons sont encore en défaut; car la supposition d'une distribution proportionelle à l'espace n'est pas de rigueur, même dans les régions riches. Les chiffres trouvés sont cependant déjà assez approximatifs; car une analyse complète, basée sur la loi réelle de la distribution des étoiles, nous donnera plus tard, pour le rayon extrême des étoiles 9B., 4,2531 au lieu de 3,9350.

Note 73. pag. 71.

Il paraît même nécessaire, pour l'examen détaillé de la voie lactée, d'avoir des matériaux plus complets, qu'ils ne sont aujourd'hui. En tout cas, il faudra attendre les publications de Sir J. Herschel, sur les phénomènes du ciel antarctique.

Note 74. pag. 71.

Le télescope de 20 pieds de Herschel montre, dans son champ circulaire de 15′4″ de diamètre, chaque fois la 832979-me partie de la voûte céleste. Herschel, dans ses 3400 jauges publiées, réunies en 683 jauges multiples, n'a donc examiné qu'un 250-me du ciel; et il faut convenir que le jaugeage complet du ciel surpasse les forces humaines. Supposons que l'on puisse faire, pendant 100 nuits de l'année, chaque nuit 100 jauges, et il ne faudra pas moins de 83 ans pour le jaugeage du ciel entier. En effet les 3400 jauges de Herschel forment un de ses travaux les plus hardis, et comme nous verrons, elles suffisent pour nous conduire à des résultats importants.

Note 75. pag. 71.

Voici par quelle voie je suis parvenu à l'évaluation de ces chiffres. M. Lubbock, dans son atlas céleste, *The stars in six maps by J. W. Lubbock. London* 1836 *Fol.*, a donné une représentation très soignée de la voie lactée, en majeure partie d'après les limites indiquées par Wollaston. En comparant les jauges de Herschel à ces cartes, nous pouvons séparer les jauges qui appartiennent à la voie lactée la plus condensée, ou visible à l'oeil nu. J'ai fait ce travail pour la portion du ciel située entre — 30° et + 30° de déclinaison, en rejetant le petit nombre de jauges plus boréales.

1. Du côté de 6^h, j'ai trouvé 49 jauges multiples de la voie lactée visible, qui donnent une somme de 4042 étoiles, ou la moyenne de 82,5 étoiles pour le champ. Du côté de 18^h, il y a, dans la branche principale, 73 jauges multiples avec 10612 étoiles, et dans la branche secondaire, 29 jauges multiples avec 5865 étoiles, ou en tout 102 jauges avec 16477 étoiles; ce qui donne la moyenne de 161,5 étoiles pour le champ. En combinant ces deux moyennes, conformément au principe énoncé, j'ai reçu le nombre final de 122,0 étoiles, donné dans le texte. Il y a ici une différence très considérable entre les deux moyennes, 82,5 du côté de 6^h, et 161,5 du côté de 18^h, et qui indique une accumulation plus forte de ce dernier côté, que nous avons déjà annoncée plus haut p. 70. Nous voyons encore, que les chiffres isolés, du côté de 6^h, s'accordent entre eux de plus près, que du côté de 18^h. En effet, là-bas le maximum d'un champ isolé est 204, ici au contraire 588. Il s'en suit que la voie lactée est bien plus uniforme dans sa trace simple, du côté de 6^h, que dans les deux branches séparées du côté de 18^h, où la conglomération (the clustering power) a prévalu à produire même la bifurcation. Il est intéressant de connaître aussi la richesse moyenne en étoiles, dans l'intervalle entre les deux branches séparées de la voie lactée, du côté de l'Aigle. J'y ai compté 29 jauges de Herschel, qui donnent le chiffre moyen de 60,5 étoiles pour un champ; ce qui prouve que cette partie jouit encore d'une richesse notable en étoiles, et que les deux branches ne sont point séparées par

un espace presque vide. Le nombre moyen $= 122,0$ que je regarde comme correspondant à $\varphi = 0$, pourrait être jugé trop faible, parce qu'il est déduit, non pas des jauges qui se rapportent exactement au plan de la plus grande condensation, mais à celles qui appartiennent à la voie lactée visible. Remarquons cependant que, tout près du maximum, la variation de densité doit être petite, et qu'en outre, il est possible et même probable, que Herschel ait choisi, par préférence, les champs les plus riches et qui lui devaient donner, dans son système, les limites extrêmes cherchées de la voie lactée.

Pour trouver la valeur moyenne de z, qui correspond à $\varphi = 15^c$, j'ai pris les jauges situées depuis 10° à 20° de distance à la trace moyenne de la Voie. 33 jauges, du côté de 6^h, ont donné $z = 25,53$, avec l'erreur probable 1,37. D'autres 23 jauges, du côté de 18^h, ont donné $z = 35,06$, avec l'erreur probable 1,50. J'ai pris ici les 10° à 20°, en partant de la ligne moyenne de chaque branche, pour l'une du côté ouest et pour l'autre du côté est. La valeur finale, déduite des deux moyennes, est $z = 30,30 \mp 1,01$.

J'ai trouvé 34 jauges entre 25° et 35° de distance à la voie lactée, qui ont fourni, pour $\varphi = 30^\circ$, la valeur $z = 17,68 \mp 0,95$.

48 jauges, entre 40° et 50° de distance à la voie lactée, ont donné, pour $\varphi = 45^\circ$, la moyenne $z = 10,36 \mp 0,47$.

Enfin 18 jauges, entre 55° et 65° de distance à la voie lactée, ont offert, pour $\varphi = 60^\circ$, $z = 6,52 \mp 0,22$. Dans ces grandes distances à la voie lactée, il y a un accord remarquable entre les différentes jauges, et l'erreur probable d'une jauge isolée n'est que de 0,93.

Note 76. pag. 72.

La forme de l'expression $z = \frac{A + B\cos 2\varphi + C\cos 4\varphi}{1 + \beta\cos 2\varphi + \gamma\cos 4\varphi}$ n'est pas arraire, ne pouvant contenir que les $\cos 0\varphi$, $\cos 2\varphi$, $\cos 4\varphi$ etc., n de donner des valeur 5 identiques pour $\varphi = x$, $180^\circ - x$, $180^\circ + x$ $360^\circ - x$, et devant, en outre, offrir un maximum pour $\varphi = 0^\circ$, un minimum pour $\varphi = 90^\circ$.

Note 77. pag. 72.

Voici une table du nombre z, des étoiles visibles dans le cham de la lunette, calculé sur la formule du texte, pour les différes φ, depuis $\varphi = 0°$ jusqu'à $\varphi = 90°$.

$\varphi =$	$z =$	diff.	$\varphi =$	$z =$	diff.
0°	122,0		20°	25,4	
		11,3			4,2
1	110,7		25	21,2	
		21,2			3,5
2	89,5		30	17,7	
		17,6			2,9
3	71,9		35	14,8	
		11,8			2,5
4	60,1		40	12,3	
		7,7			1,9
5	52,4		45	10,4	
		5,1			1,6
6	47,3		50	8,8	
		3,7			1,3
7	43,6		55	7,5	
		2,8			1,0
8	40,8		60	6,5	
		2,1			0,8
9	38.7		65	5,7	
		1,8			0,6
10	36,9		70	5,1	
		1,6			0,4
11	35,3		75	4,7	
		1,3			0,3
12	34,0		80	4,4	
		1,4			0,2
13	32,6		85	4,2	
		1,1			0,1
14	31,5		90	4,1	
		1,2			
15	30,3				
		1,0			
16	29,3				
		1,1			
17	28,2				
		0,9			
18	27,3				
		0,9			
19	26,4				

Le changement le plus rapide de z a lieu tout près de $\varphi =$ Il paraît que cette circonstance explique, pourquoi la voie la n'est visible à l'oeil nu, que dans une largeur comparablement tite, d'à peu près 4°.

Note 78. pag. 72.

Il faut détailler ici, comment ces chiffres ont été trouvés. L pression de z étant donnée, on obtient le nombre total ζ, des ét comprises entre deux grands demi-cercles qui se coupent au de la voie lactée sous un angle de 15′4″, par

$$\zeta = \frac{8}{\pi} \int_{\varphi=0}^{\varphi=90^\circ} z \cos \varphi d\varphi.$$

En multipliant ζ par le coefficient $\mu = \frac{360^\circ}{15'4''}$, on obtient la somme des étoiles de la voûte céleste $Z = \mu\zeta$. Mais l'intégration directe de $z \cos\varphi d\varphi$ étant presque impraticable, je me suis servi des quadratures mécaniques, d'après la méthode suivante. Soit:

pour les arguments,	la fonction,	et la série des différences successives
$s = A$	$\varphi s = \alpha$	I II III IV V VI . . . . .
		b c d e f g . . . . . ;
$s' = B$	$\varphi s' = \beta$	

où toutes les différences doivent être situées sur la ligne horizontale intermédiaire, d'après la notation de Bessel, *Astr. Nachr.* Vol. II, p 138. Nous aurons alors:

$$\int_{s=A}^{s=B} \varphi s ds = (B - A)\left(\frac{\alpha+\beta}{2} - \frac{1}{12}c + \frac{11}{720}e - \frac{191}{84.720}g\right)$$

Cette formule répond à l'interpolation la plus avantageuse, donnée d'après M. Gauss dans l'Éphéméride de Berlin, pour 1830. Elle se trouve aussi dans l'Éphéméride pour 1837, p. 264.

Note 79. pag. 73.

Cette formule repose sur l'analyse suivante. Considérons un cône droit, dont le sommet est dans l'oeil situé dans le plan principal de la voie lactée, et dont la base circulaire, d'un rayon $= d\varphi$, se trouve sur la surface de la sphère qui renferme les étoiles visibles, l'axe du cône faisant un angle φ avec le plan principal La portion du cône qui est comprise entre deux plans parallèles au plan principal, et qui sont à la distance de x et de $x + dx$ de ce plan, a le volume $\frac{\pi x^2 dx d\varphi^2}{\sin\varphi^3}$, et contient, si ϱ exprime la densité de la couche entre x et $x + dx$, un nombre d'étoiles $= \frac{\varrho\pi x^2 dx d\varphi^2}{\sin\varphi^3}$. Mais le nombre total des étoiles dans le cône entier, si $d\varphi = 7'32''$, est, note 76:

$$z = \frac{A + B\cos 2\varphi + C\cos 4\varphi}{1 + \beta\cos 2\varphi + \gamma\cos 4\varphi};$$

d'où se déduit l'équation suivante :

$$\frac{\pi.(452'')^2}{\sin\varphi^2}\int_{x=0}^{x=\sin\varphi}\varrho x^2\,dx = \frac{A+B\cos 2\varphi+C\cos 4\varphi}{1+\beta\cos 2\varphi+\gamma\cos 4\varphi} = \frac{a+b\sin\varphi^2+c\sin\varphi^4}{a'+b'\sin\varphi^2+c'\sin\varphi^4}.$$

Nous mettons ici:

$$a = A+B+C,\quad b = -2B-8C,\quad c = 8C;$$
$$a' = 1+\beta+\gamma,\quad b' = -2\beta-8\gamma,\quad c' = 8\gamma.$$

D'où suit:

$$K\int_{x=0}^{x=\sin\varphi}\varrho x^2\,dx = \frac{a\sin\varphi^3+b\sin\varphi^5+c\sin\varphi^7}{a'+b'\sin\varphi^2+c'\sin\varphi^4} = \frac{ax^3+bx^5+cx^7}{a'+b'x^2+c'x^4},$$

parce que $x = \sin\varphi$. En prenant les différentielles des deux côtés, nous avons :

$$K\varrho x^2 dx = d\left(\frac{ax^3+bx^5+cx^7}{a'+b'x^2+c'x^4}\right).$$

La différentiation effective mène à l'expression suivante pour ϱ, en considérant encore qu'elle doit donner $\varrho = 1$ pour $x = 0$:

$$\varrho = \frac{1+\frac{1}{3}(5l+\lambda)x^2+\frac{1}{3}(7m-\mu+3l\lambda)x^4+\frac{1}{3}(l\mu+5m\lambda)x^6+m\mu x^8}{(1+\lambda x^2+\mu x^4)^2}.$$

Dans cette formule nous avons à mettre:

$$l = -\frac{2B+8C}{A+B+C},\qquad m = \frac{8C}{A+B+C},$$
$$\lambda = -\frac{2\beta+8\gamma}{1+\beta+\gamma},\qquad \mu = \frac{8\gamma}{1+\beta+\gamma}.$$

En employant enfin $A = +6{,}5713$, $B = -5{,}03$, $C = -1{,}39$,
$\beta = -1{,}23088$, $\gamma = +0{,}23212$,
nous parvenons à la formule ϱ que donne le texte.

Note 80. pag. 73.

Si l'expression de z était rigoureuse, la formule de ϱ le sera également. La première, en tout cas, comme elle représente les valeurs z observées, depuis $\varphi = 0°$ jusqu'à $\varphi = 60°$, ne peut s'écarter essentiellement de la vérité, dans les z intermédiaires; et c'est par cette raison que je regarde aussi les valeurs des densités ϱ, comme

une approximation satisfaisante à la réalité, sans cependant prétendre que des matériaux plus complets n'en donneront pas un jour quelques corrections. Au delà de $x = 0{,}8660$, correspondant à $\varphi = 60°$, les ϱ trouvés par la formule n'ont plus de signification réelle; et en effet, nous trouvons déjà une petite valeur négative, $\varrho = -0{,}008092$ pour $x = 1$, qui est impossible. Or il est clair, que si pour $\varphi = 60°$, nous avons $z = 6{,}52$, le z pour la direction du pôle doit être plus grand que $6{,}52 . \sin^3 60^0 = 4{,}235$. Notre formule donne $z = 4{,}15$, pour $\varphi = 90°$, et elle n'exige qu'une modification extrêmement petite, pour offrir des ϱ positifs jusqu'à $x = 1{,}0$. Il est bien à regretter que les jauges de Herschel n'ont pas suffi à donner le nombre précis des étoiles visibles dans le champ, pour la direction du pôle.

Note 81. pag. 74.

Il est à espérer que les grands télescopes de Lord Rosse décideront cette question.

Note 82. pag. 74.

Pour trouver les nombres correspondants au maximum de condensation j'ai pris la marche suivante. En examinant les heures V, VI, VII et XVII, XVIII, XIX de notre Zone, d'après les cartes de M. Lubbock, j'ai trouvé qu'elles sont différemment remplies par la voie lactée visible, et j'ai compté le nombre a de degrés carrés remplis par la voie lactée visible, et le nombre b de degrés carrés de ces heures, qui sont hors de la voie lactée visible. C'est ainsi que j'ai obtenu, eu égard aux chiffres du tableau p. 56 :

pour l'heure	a	b	Nombre des étoiles 1 à 7	1 à 8
V	30	420	216	815
VI	299	151	256	1104
VII	76	374	167	761
XVII	109	341	225	713
XVIII	232	218	237	1040
XIX	129	321	222	843

En combinant les heures V et VII, et XVII et XIX, pour les étoiles des grandeurs 1 à 7, et en comparant leurs moyennes avec les heures VI et XVIII, j'ai établi les relations suivantes:

1) $191{,}5 + 397x = 256 + 151x$, ce qui donne $x = 0{,}2622$;
2) $223{,}5 + 331x' = 237 + 218x'$, « « « $x' = 0{,}1195$;

d'où se déduit

$m = 256 + 151x = 296$. pour l'heure VI.
$m' = 237 + 218x' = 263$ « « XVIII.
moyenne 279

Je prends ce chiffre pour le nombre d'étoiles que présenterait une heure de notre Zone, si elle était entièrement remplie par la Voie visible à l'oeil nu. J'ai calculé de la même sorte aussi le maximum pour les étoiles 1 à 9, que j'ai trouvé 4983.

Note 83. pag. 75.

Pour obtenir ces chiffres, j'ai calculé la distance angulaire φ, du point de milieu de chaque heure, au grand cercle de la voie lactée dont le pôle se trouve en $\alpha = 12^h 38'$ et $\delta = +31°{,}5$. En réunissant alors les nombres des étoiles des heures qui offrent les distances angulaires φ les plus rapprochées entre elles, et en prenant la moyenne de ces distances et des nombres des étoiles, j'ai trouvé les chiffres du texte. Je conviens que ces chiffres ne sont pas tout à fait rigoureux, mais ils seront cependant à peu près aussi exacts, que les anomalies locales de la distribution des étoiles le permettent.

Note 84. pag. 75.

Dans ces formules il y avait 3 inconnues à déterminer. Or, comme 4 valeurs z étaient données par l'observation, j'ai fait de sorte à représenter, dans chaque groupe, exactement le nombre du maximum, et le plus près possible les autres trois nombres, d'après la méthode des moindres carrés. Je donnerai ici la comparaison entre les nombres observés et calculés des étoiles, en y ajoutant le nombre calculé pour $\varphi = 90°$.

	Étoiles 1 à 7.		Étoiles 1 à 8.	
$\varphi =$	obs.	cal.	obs.	cal.
0°′	279	279	1422	1422
25°14	177	171	637	618
37 5	141,5	144	500	516
52 53	131	131	468	465
90 0		123		437.

Note 85. pag. 76.

Pour le rayon $=1$, la surface du cercle décrit avec le rayon de $7'32''$, est $s=\pi \sin^2 452''$, et celle d'une heure d'ascension droite, depuis $-15°$ jusqu'à $+15°$ de déclinaison, $S=\frac{\pi \cdot \sin 15^0}{6}$. Donc $\frac{S}{s}=\frac{\sin 15^0}{6 \sin^2 452''}=8982{,}948$. En multipliant ce chiffre par 122,00 = le nombre des étoiles contenues dans le champ de la lunette, dirigée sur le milieu de la voie lactée, nous obtenons le produit 1095920.

Note 86. pag. 78.

Dans cette recherche, je pars des densités ϱ'' données par la formule VI. p. 75, que nous a fournie la distribution des étoiles 1 à 8B. Voici le tableau des densités des couches successives, calculées sur cette formule:

Distance au plan principal. $x''=$	Densité. $\varrho''=$	Distance au plan principal. $x''=$	Densité. $\varrho''=$
0,00	1,0000	0,50	0,3278
0,05	0,9459	0,55	0,3174
0,10	0,8185	0,60	0,3097
0,15	0,6797	0,65	0,3036
0,20	0,5659	0,70	0,2989
0,25	0,4835	0,75	0,2951
0,30	0,4267	0,80	0,2920
0,35	0,3877	0,85	0,2895
0,40	0,3607	0,90	0,2874
0,45	0,3416	0,95	0,2855
0,50	0,3278	1,00	0,2841

Comme l'équateur est coupé par le plan principal sous un angle moyen de 58°30′, les densités ϱ'' correspondantes aux distances perpendiculaires x'' se rapportent à des distances $\eta = x'' : \sin 58°30'$, prises dans le plan de l'équateur. La masse de l'espace entier de la Zone, pour le rayon $= 1$, est maintenant

$$M = K \int_{\eta=0}^{\eta=1} \varrho''(1-\eta)^{\frac{1}{2}}(1+\eta)^{\frac{3}{2}};$$

et la masse d'une portion de cet espace, correspondante au rayon $= r$, sera $m = K \int_{\eta=0}^{\eta=r} \varrho''(1-\eta)^{\frac{1}{2}}(1+\eta)^{\frac{3}{2}}$; et il s'agit de trouver la valeur r qui donne $m = \frac{1014}{14460} M$. Ce problème se résout le mieux par la voie indirecte, et par l'emploi des quadratures mécaniques. C'est ainsi que j'ai trouvé la valeur $r = 0{,}35712$, donnée dans le texte.

Note 87. pag. 78.

Quant aux classes intermédiaires, qui se trouvent dans l'Uranométrie, j'ai ajouté, pour avoir des grandeurs en nombres entiers, les étoiles 1.2 aux étoiles 1, les étoiles 2.1 et 2.3 aux étoiles 2 etc. Si nous comparons les nombres d'étoiles de l'hémisphère boréal, et ceux de la grande zone qui va depuis le pôle boréal jusqu'à — 36° de déclinaison, nous avons:

		gr. 1.	2.	3.	4.	5.	6A.
dans l'hémisphère	$a =$	9	34	96	214	550	1439
jusqu'à — 36°	$b =$	14	51	153	325	810	1874
	$\frac{b}{a} =$	1,555	1,500	1,594	1,519	1,473	1,303.

Les $\frac{b}{a}$ sont sensiblement les mêmes jusqu'à 5A., en diminuant tant soit peu. Mais pour les étoiles 6A., $\frac{b}{a}$ est beaucoup plus petit, ce qui prouve que les vapeurs de l'horizon ont fait disparaître à l'oeil une portion assez considérable, à peu près 4 dixièmes, des étoiles australes, surtout de sixième grandeur; ce à quoi il fallait s'attendre. Ce

dernier fait se prononce plus précisément encore, si nous remarquons que l'Uranométrie nous offre en tout.

1328 étoiles 1 à 6*A*., depuis 0° jusqu'à + 36° décl.;
mais seulement 882 « « « 0 « — 36 « .

Ces deux chiffres auraient dû être égaux, sans l'influence de la proximité de l'horizon. Car, par la loi de la distribution des étoiles dans l'espace, que nous avons établie, le nombre des étoiles de même grandeur apparente est identique, pour deux zones de même largeur, situées des deux côtés d'un grand cercle. Nous parvenons donc à la conclusion importante, que l'Uranométrie de M. Argelander, n'est une représentation exacte du ciel visible à l'oeil nu, que pour l'hémisphère boréal, et qu'il manque, dans la partie australe qu'elle contient, à peu près quatre dixièmes des étoiles qui auraient été visibles, dans une élévation considérable de ces parties du ciel au-dessus de l'horizon. Espérons que le beau travail de M. Argelander sera complété bientôt, par un travail analogue et comparatif exécuté au Cap.

Note 88. pag. 78.

Si dans une sphère, les densités sont telles, que le maximum a lieu dans un plan principal qui passe par le centre, et que la densité est la même pour deux couches, parallèles à ce plan et équidistantes des deux côtés du plan, la masse de l'hémisphère est toujours la moitié de la masse totale, quelle que soit la position du plan qui la découpe. Soit M la masse de la sphère des étoiles 1 à 6A., dont le rayon $=1$, nous aurons

$$M = K\int_{\theta=0}^{\theta=1}(1-\theta^2)\varrho'''d\theta,$$

si θ est la distance de la couche au plan principal, exprimée en parties du rayon, et ϱ''' la densité qui correspond à cette distance. Les ϱ''' se trouvent en cherchant, à l'aide de la formule p. 75. VI, les ϱ'' correspondants aux $x''=0{,}35712.\theta$; ou les ϱ'' donnés dans la note 86, sont identiques avec les ϱ''' pour les $\theta=2{,}8000x''$. La masse d'une autre sphère concentrique, d'un rayon plus petit $=r$,

sera maintenant $m = K \int_{\theta=0}^{\theta=r} \varrho'''(r^2 - \theta^2)d\theta$; et le problème à résoudre est, de trouver le rayon r qui donne à la fraction $\frac{m}{M}$ la valeur requise. Il est clair que la solution se fait le plus commodément par la voie indirecte, et en employant encore les quadratures mécaniques. Nous avons p. e. le nombre des étoiles 1 à 6*A*., sur l'hémisphère, $M = 2342$, celui des étoiles 1 à 5*A*., $m = 139$. Il faut chercher le rayon r qui donne $\frac{m}{M} = \frac{139}{2342}$. Par une quadrature mécanique, j'ai trouvé pour la sphère entière $\frac{M}{K} = 0{,}49275$. En prenant maintenant $r = 0{,}35$, je parviens par le même moyen à $\frac{m}{K} = 0{,}026807$. Il s'en suit qu'une sphère de ce rayon renferme $\frac{0{,}026807}{0{,}49275} \cdot 2342 = 127{,}50$ étoiles. Ce nombre est trop faible, car il doit être 139. Prenons donc $r = 0{,}35 \sqrt[3]{\frac{139}{127{,}5}} = 0{,}36022$, et nous avons une approximation suffisante. Si le nombre calculé, 127,5, s'écarte trop du nombre observé, 139, il faut faire une seconde hypothèse pour r.

Note 89. pag. 80.

Le rayon de la sphère des étoiles 6B. repose sur le nombre de 825 étoiles 1 à 6B., dans notre Zone équatoréale, comparé au nombre de 1014 étoiles 1 à 6A.

Note 90. pag. 80.

Il est intéressant de comparer aux distances d, que nous avons trouvées, eu égard à la loi reconnue de condensation, les distances d', que l'on aurait calculées, à l'aide des mêmes dénombrements, mais dans la supposition d'une distribution égale des étoiles dans l'espace. Voici le tableau comparatif.

	d	d'
1A.	0,1424	0,1826
2A.	0,2413	0,2638
3A.	0,3602	0,3901
4A.	0,5001	0,5322
5A.	0,6998	0,7278
6A.	1,0000	1,0000
6B.	0,9260	0,9314
7B.	1,6271	1,5672
8B.	2,8001	2,4251
9B.	4,2531	3,7201
H.	25,672	17,903.

Le chiffre 17,903 est $\sqrt[3]{\frac{5819000}{1014}}$. Voyez *Catalogus Reg.* p. XXXIII et XLII. La différence des deux séries devient la plus evidente, par les fractions $\frac{25,672}{0,1424} = 180,4$ et $\frac{17,903}{0,1826} = 98,0$. On voit que la distance effective des dernières étoiles herschéliennes, mesurée par le rayon des étoiles de première grandeur, est effectivement presque le double de la distance que l'on calcule, dans l'hypothèse de la distribution régulière des étoiles dans l'espace.

Note 91. pag. 80.

Dans l'introduction du *Catalogus Regiomontanus*, p. XXXVIII, j'ai donné à la distance qui correspond à cette définition, le nom de distance probable $= p$, en réservant le nom de distance moyenne $= m$, à celle qui est la moyenne arithmétique de toutes les distances existantes des étoiles d'une classe. Si nous désignons par r et R, les deux rayons des surfaces sphériques qui séparent une classe quelconque des deux classes voisines, nous trouverons m par l'expression suivante:

$$m = \frac{2\int_{x=0}^{x=R}\left(\int_{y=0}^{y=\sqrt{(R^2-x^2)}} y\varrho\sqrt{(x^2+y^2)}dy\right)dx - 2\int_{x=0}^{x=r}\left(\int_{y=0}^{y=\sqrt{(r^2-x^2)}} y\varrho\sqrt{(x^2+y^2)}dy\right)dx}{\int_{x=0}^{x=R}(R^2-x^2)\varrho dx \qquad - \int_{x=0}^{x=r}(r^2-x^2)\varrho dx}.$$

Dans cette formule, ϱ est encore la fonction de x, note 79, qui exprime la densité, dans la couche qui est à la distance $=x$ du plan principal. On voit bien que le calcul numérique de cette formule, calcul qui ne peut se faire encore que par le moyen des quadratures mécaniques, devient très prolixe. Mais la déduction des valeurs m n'a plus d'intérêt particulier, depuis que nous savons que la distribution égale des étoiles n'existe pas. Car la distance moyenne de la totalité des étoiles d'une classe, n'est plus la distance moyenne des étoiles de la même classe, qui se trouvent sur une portion de la voûte céleste. Enfin la différence entre p et m est assez petite, pour pouvoir employer l'un à la place de l'autre.

Note 92. pag. 82.

Je passe l'analyse du calcul de cette distance, analyse qui se base sur les formules antérieures qui donnent les masses, et sur les densités trouvées d'après la formule VI, p. 75.

Note 93. pag. 83.

Ueber die Durchsichtigkeit des Weltraums von H. Dr. Olbers, mémoire daté le 7 Mars 1823, et publié dans *Bode's Jahrbuch für* 1826, p. 110 — 121.

Note 94. pag. 84.

Les *Philosophical transactions* de 1720, vol. XXXI, contiennent, p. 22 à 26, deux petits articles de Halley, *On the Infinity of the sphere of Fix'd Stars*; et le second, *Of the Number, Order and Light of the Fix'd Stars*. J'aurai dû citer ce dernier dans la note 41. Car

Halley parvient exactement à la même progression des nombres des étoiles, dans les classes successives de distance, que Lambert a donnée, 40 ans après. Il n'y a que cette petite différence, que Halley part de 13 étoiles de première grandeur, et Lambert de 12. Le premier a donc 9.13 = 117 étoiles de troisième grandeur, ou d'une distance triple, et l'autre 9.12 = 108.

Note 95. pag. 84.

Voyez: *Traité de la Comète qui a paru en* 1843 *et* 1844 *etc., par J P. Loys de Cheseaux. Lausanne et Genève* 1744. 8 L'ouvrage est suivi d'une *Addition contenant diverses Observations et dissertations Astronomiques*, dont la seconde, p. 223 à 229, porte l'inscription: *Sur la force de la Lumière et sa propagation dans l'Ether, et sur la distance des étoiles fixes.* Dans cet article, Cheseaux détermine aussi la distance des étoiles de première grandeur, par la comparaison entre l'éclat de ces étoiles et celui de la planète Mars, observée dans ses différentes élongations du Soleil. Il trouve cette distance 20000 fois le rayon de l'orbite terrestre, et le diamètre réel moyen d'une étoile de première grandeur $= \frac{1}{125}$ seconde. On voit que cette détermination photométrique, de la distance des étoiles de première grandeur, est antérieure de 16 ans à celle de Lambert, et de 23 ans à celle de Michell, déterminations qui ont été faites par l'intermédiaire de Saturne. Le résultat trouvé par Cheseaux ne diffère pas essentiellement de celui de ses deux successeurs, et présenterait un accord encore plus remarquable, si l'auteur n'avait pas négligé, à ce qu'il paraît, la perte de lumière par suite de la blancheur (albedo) imparfaite de la planète. La même voie, de la comparaison entre l'éclat des planètes et celui des étoiles fixes, a été employée par Olbers, dans un mémoire de 1801, intitulé *Mars und Aldebaran* et publié dans la *Monatliche Correspondenz* de Zach, vol. 8, p. 296. Le résultat final de ce traité, écrit avec la clarté habituelle de l'auteur, est qu'il trouve la distance des étoiles fixes de première grandeur, savoir de α Tauri = 344643 rayons de l'orbite terrestre, par la comparaison avec Mars; et celle de Procyon

= 378972 rayons, à l'aide de la comparaisons avec Saturne. Il détermine encore le diamètre angulaire de la première étoile = 0″,0056 et celui de la seconde = 0″,0050. Les deux parallaxes sont: 0″,60 pour α Tauri, et 0″,57 pour Procyon, valeurs encore trop fortes et qui prouvent, par là, que ces étoiles sont plus grandes, ou d'un éclat primitif plus intense, que notre Soleil. Olbers a comparé aussi Uranus avec les étoiles de sixième grandeur, et en a déduit une distance moyenne à peu pres dix fois plus grande, pour les étoiles de cette classe, que celle des étoiles de première grandeur. Cette distance s'accorde d'assez près avec notre chiffre qui est 7,7258, pour les étoiles moyennes 6A. Olbers était presbyte; donc, son chiffre a dû être plus fort, que celui qui se rapporte aux grandeurs de l'Uranométrie. Enfin Olbers compare Cérès à Uranus et trouve le diamètre apparent de Cérès, dans l'opposition en 1802, = 0″,62. Le paradoxe apparent d'un diamètre plus petit de Procyon, que celui de α Tauri, provient de la blancheur plus intense qu'il attribue à Procyon, étoile blanche, qu'à α Tauri, étoile rougeâtre. Dans ce point, il est en opposition avec l'opinion de Michell, qui prit les étoiles fixes rouges pour celles qui jouissent de l'éclat absolu le plus intense. Voyez Note 31. Je remarque encore qu'Olbers, dans ce mémoire de 1801, ne cite pas non plus Cheseaux, qui avait cependant fait exactement la même comparaison de Mars et de α Tauri. Il est clair que les *Additions* de l'ouvrage de l'astronome de Lausanne avaient échappé à Olbers; chose singulière, car Olbers, secondé par la possession d'une des plus riches bibliothèques, avait la connaissance la plus détaillée de la littérature astronomique. L'exemplaire du traité de Cheseaux que possède l'observatoire de Poulkova, est celui de la bibliothèque d'Olbers.

Note 96. pag. 87.

Du côté de l'Aigle, il y a deux jauges de 588 étoiles, pour $\alpha = 19^h 30' 36^s$, $\delta = +15° 27'$ et pour $\alpha = 19^h 40' 48^s$, $\delta = +15° 27'$, Dans la direction opposée, la jauge la plus riche, $\alpha = 7^h 28' 9^s$, $\delta = -22° 34'$, n'offre que 204 étoiles. La plus grande richesse de la voie lactée, du côté de 18^h, se manifeste dans la circonstance qu'il

y a, depuis 17^h à 21^h, parmi 258 jauges, 81 qui ont plus de 122 étoiles, ou une de trois, tandis que, du côté de 6^h, il n'y a que 5 jauges parmi 108, ou une de 21, qui aient plus de 122 étoiles. J'ai déjà indiqué p. 70, que la densité moyenne en étoiles est plus considérable dans la région de l'Aigle, que dans celle d'Orion; et il paraît même probable, que la plus grande condensation, dans un sens perpendiculaire au plan principal, se trouve dans les parties de la voie lactée qui sont situées au delà des dernières étoiles de l'Aigle, que le télescope de Herschel a fait voir.

Note 97. pag. 87.

Si p exprime la portée théorique du télescope, sans considérer l'extinction, et p' celle que fournit l'expérience, nous avons, en désignant par λ le coefficient relatif à l'extinction, par l'égalisation des éclats apparents dans les deux cas, l'équation que voici:

$$\frac{1}{p^2} = \frac{1}{p'^2}\lambda^{p'} \text{ ou } p^2\lambda^{p'} = p'^2.$$

La résolution de cette équation, p et p' étant connus, nous offre, pour la détermination numérique de l'extinction :

$$\lambda = \sqrt[\frac{1}{2}p']{\frac{p'}{p}}.$$

Pour ne pas confondre les unités, je retiens la distance moyenne des étoiles de première grandeur comme unité de distance, et nous avons, pour le télescope de vingt pieds:

$$p = 74,83 \cdot 8,8726 = 663,94, \quad p' = 227,782;$$

ce qui donne l'extinction λ', pour l'unité des distances:

$$\lambda' = \sqrt[113,891]{\frac{227,782}{663,94}} = 0,990651;$$

$$\text{et l'extinction } \mu' = 0,009349.$$

Pour une autre distance quelconque $= x$, exprimée en distances des étoiles de première grandeur, nous trouvons:

$$\lambda = 0,990651^x \qquad \text{et } \mu = 1 - \lambda.$$

Quant aux éclats apparents, désignons les par ξ et η, pour deux étoiles dont les distances sont x et y, nous aurons:

$$\xi = \frac{1}{x^2}\lambda'^x \text{ et } \eta = \frac{1}{y^2}\lambda'^y.$$

En mettant, dans la seconde expression $y = 1$, nous voyons que l'éclat d'une étoile dont la distance est $= 1$, devient λ', ce qui donne, pour l'éclat relatif d'une étoile distante de x, à celui d'une étoile distante de l'unité,

$$\xi' = \frac{1}{x^2}\lambda'^{x-1} = \frac{1}{x^2}0{,}990651^{x-1}$$

Herschel, dans ses mémoires postérieurs à 1799, se sert, pour exprimer les distances des objets stellaires, de la comparaison soit avec la portée de l'oeil nu, soit avec la distance moyenne des étoiles de première grandeur. La pénétration du télescope de vingt pieds, employé dans les jauges, est exprimée par 66,18, relativement à la portée de l'oeil. Il détermine cette dernière à 12 fois la distance des étoiles de premier ordre. D'où il évalue la portée théorique de son télescope $(p) = 66{,}18 \times 12 = 734$, exprimée en distances des étoiles de première grandeur. D'après notre rectification, par l'emploi du petit télescope module. p. 85, cette portée sera

$$p = 66{,}18.\sqrt[3]{1{,}83}\,.\,8{,}8726\,. = 663{,}93;$$

et nous avons en général:

$$p = 0{,}90438.(p), \text{ et } \log p = \log(p) - 0{,}04365.$$

C'est par ce moyen que la portée (p) d'un télescope, donnée par Herschel lui même, se change en portée théorique p, selon notre module. Maintenant, pour parvenir à la portée réelle $= p'$ du télescope, eu égard à l'extinction, il nous reste à résoudre l'équation transcendante

$$\log p' + p'.0{,}0020397 = \log p = \log(p) - 0{,}04365.$$

Mettons

$$\log p' = \log x + 2{,}69043;$$

nous aurons

$$\log x + x = \log(p) - 2{,}73408,$$

équation qui donne facilement x, et puis p'.

Note 98. pag. 87.

Olbers suppose l'extinction, pour cette unité de distance, $\mu' = \frac{1}{800}$. Mais c'était une supposition arbitraire, et il ne voulait

ne démontrer que cette petite extinction suffit pour expliquer l'éclat actuel du ciel. Cheseaux avait trouvé $\mu' = \frac{1}{33}$, en partant d'une comparaison très vague, entre l'illumination produite par le firmament, et celle qu'effectue l'éclat réuni des étoiles de première grandeur.

Note 99. pag. 90.

Voici le tableau de ces distances, exprimées toutes par l'unité de la distance moyenne des étoiles de première grandeur

Distance selon Herschel. (p) =	Distance corrigée eu égard à l'extinction. p' =	Distance selon Herschel. (p =	Distance corrigée eu égard à l'extinction. p' =
24	19,8	600	206,1
36	28,5	734	227,8
39	30,6	900	250,7
48	36,6	910	252,0
60,75	44,6	950	257,0
96	64,2	980	260,6
144	86,7	2300	368,5
183,5	102,5	4128	450,3
186	103,5	4561	464,8
204	110,0	8809	563,9
243	123,2	11645	607,4
344	152,2	13707	633,3
400	166,1	18244	679,2
468	183,2	35175	787,5.

Note 100. pag. 91.

Supposons un cône différentiel dont le sommet se trouve dans l'œil. Une couche différentielle de ce cône, située à la distance x de l'œil, et ayant une épaisseur $= dx$, produira un éclat différentiel

d

$$C.\lambda^x \varrho\, dx;$$

où C est une constante, λ le coefficient de l'extinction pour l'unité de distance, et ϱ la densité en étoiles, qui correspond à l'endroit de la couche différentielle. L'éclat total du cône, depuis l'oeil jusqu'à la distance f, sera

$$E = C\int_{x=0}^{x=f} \lambda^x \varrho\, dx.$$

Dans la direction du milieu de la voie lactée, ϱ est $= 1$, et nous aurons

$$E' = C\int_{x=0}^{x=f} \lambda^x dx = C\,\frac{1-\lambda^f}{-\log\text{nat}\,\lambda}.$$

Pour $f = \infty$, nous trouvons

$$E' = \frac{C}{-\log\text{nat}\,\lambda}.$$

Si nous prenons cette dernière valeur, ou l'éclat entier du milieu de la voie lactée, pour unité, C sera $= -\log\text{nat}\,\lambda$; et nous aurons, dans la direction de la voie lactée, pour l'éclat jusqu'à la distance $= f$,

$$E' = 1 - \lambda^f.$$

Pour la direction du pôle de la voie lactée, l'intégration directe, pour trouver E, est impraticable, à cause de l'expression analytique trop compliquée de ϱ. Il s'agit donc encore de chercher l'intégrale, à l'aide des quadratures mécaniques. En substituant, dans l'expression E, pour C l'équivalent $-\log\text{nat}\,\lambda$, nous aurons en général :

$$E = -\log\text{nat}\,\lambda\int_{x=0}^{x=f} \lambda^x \varrho\, dx.$$

C'est par l'application de ces formules que les chiffres du texte qui suivent, ont été calculés. Pour plus de commodité, j'ai pris l'unité de distance égale au rayon des étoiles H; et le coefficient correspondant de l'extinction $\lambda = 0{,}11770$. Voyez p. 88. Dans ce cas, les ϱ sont donnés par la formule II et dans le tableau, p. 73. Mais j'ai dû élargir la table, et calculer, pour des intervalles de 0,01, les ϱ suivants :

$x =$	$\rho =$
0,00	1,0000
0,01	0,9457
0,02	0,8183
0,03	0,6803
0,04	0,5675
0,05	0,4857.

NOTE FINALE.

Continuation de la Note 62, relative à la variabilité du mouvement propre de Procyon et de Sirius.

1. PROCYON.

Les déclinaisons des étoiles fondamentales, déterminées par Bessel, pour 1820, à l'aide du cercle méridien de Reichenbach, exigent près de l'équateur, une correction positive, d'une seconde à peu près, pour devenir comparables aux meilleurs déclinaisons, observées, quelques années plus tard, par d'autres astronomes. La différence constante entre les déclinaisons de Dorpat, pour 1824, et celles de Koenigsberg, s'exprime par la formule,

$$S - B = + 1'',60 - 1'',33 \sin\delta - 0'',49 \cos\delta,$$

qui donne $S - B = + 0'',99$ pour Procyon, $\delta = + 5^\circ 40'$. En effet, Bessel atteste lui même, à plusieurs reprises, une telle erreur constante de ses déclinaisons. Il indique (*Königsberger Beobachtungen für* 1824, p. XI.) une correction moyenne $+ 0'',79$ des déclinaisons du Soleil, observées par l'instrument de Reichenbach, et la probabilité d'une correction générale de $+ 1''$, pour les étoiles fondamentales. Dans les *Astronom. Nachrichten*, Nr. 515, il trouve que les déclinaisons obtenues en 1844, à l'aide du nouveau cercle de Repsold, sont de $1'',19$ plus boréales que celles de 1820, par une moyenne de 8 étoiles. Bessel a même indiqué de loin la source de la petite erreur des déclinaisons de 1820, et il paraît indubitable qu'il faut l'attribuer à la valeur de la flexion horizontale qu'il avait employée, d'après les observations de l'étoile polaire, ré-

fléchie par l'eau, en 1820 et 1821. Cette flexion était $+ 1'',11$ pour l'horizon, tandis que les observations plus directes et plus sûres, entre deux lunettes opposées, lui donnaient, en 1824, $0'',005$, ou une flexion évanouissante. S'il avait employé, dans ses réductions, cette dernière valeur, les déclinaisons de Bessel auraient présenté un accord admirable avec celles de Dorpat, d'Abo, de Greenwich etc. Je crois même qu'il est devenu indispensable de soumettre le catalogue des déclinaisons de 1820 à une nouvelle réduction, en employant la flexion $= 0$. Ce travail requiert, en premier lieu, une nouvelle détermination du coefficient constant de la réfraction, qui doit changer aussi avec la flexion. Sentant la nécessité d'éliminer au possible, dans la recherche des mouvements propres, les différences moyennes des catalogues, Bessel a pris pour point de départ les déclinaisons non pas absolues de Procyon, mais relatives à 8 autres étoiles α Ceti, α Orionis, β Virginis, α Serpentis, γ, α, β Aquilae et α Aquarii, dont la déclinaison moyenne est égale à celle de Procyon. Cette voie serait excellente, si les 8 étoiles comparées étaient voisines à Procyon en ascension droite. Mais les ascensions droites diffèrent de Procyon de $- 4,6$, $- 1,7$, $+ 4,2$ $+ 8,1$, $+ 12,1$, $+ 12,2$, $+ 12,3$ et $14,5$ heures, et il me paraît risqué de vouloir trouver la correction moyenne pour Procyon, par des étoiles observées dans des saisons tout à fait différentes, même opposées. Par cette raison, je crois qu'il vaut mieux se tenir aux déclinaisons directement observées de Procyon, seulement en appliquant, à la déclinaison de 1820, la correction $+ 1'',0$, indiquée par Bessel lui même. Quant à la déclinaison absolue de 1770, selon Maskelyne, elle est en tout cas à rejeter, comme trop imparfaite. La déclinaison absolue de Piazzi, pour 1800, doit être corrigée de $- 1'',4$, d'après la recherche de M. Argelander. (*DLX stellarum fixarum positiones mediae*, 1830, p. XI.). Mais ainsi corrigée, elle est encore sujette à une erreur probable de $1'',2$. Il me paraît donc plus propre de l'exclure également. C'est ainsi qu'il nous reste 13 déclinaisons, et autant d'équations de condition, pour déterminer, les deux inconnues, $x =$ correction de la déclinaison des *Tabulae Regiomontanae* pour 1820, et $y =$ correction du mouvement annuel propre en déclinaison, supposé par Bessel. Les équations sont les suivantes:

			Calcul.	Cal.—obs.
1) Bradley	1755	$x-65y=\ 0'',00$	$-0'',56$	$-0'',56$.
2) Bessel.	1820	$x\ \ =+1,00$	$+1,89$	$+0,89$
3) Pond I.	1822	$x+\ 2y=+2,34$	$+1,97$	$-0,37$
4) Pond II.	1822	$x+\ 2y=+1,26$	$+1,97$	$+0,71$
5) Struve.	1824	$x+\ 4y=+1,12$	$+2,04$	$+0,92$
6) Argelander.	1830	$x+10y=+1,66$	$+2,27$	$+0,61$
7) Pond.	1830	$x+10y=+3,26$	$+2,27$	$-0,99$
8) Airy.	1830	$x+10y=+1,91$	$+2,27$	$+0,36$
9) Henderson.	1833	$x+13y=+2,15$	$+2,38$	$+0,23$
10) Bessel.	1838	$x+18y=+2,11$	$+2,57$	$+0,46$
11) Airy.	1838	$x+18y=+2,53$	$+2,57$	$+0,04$
12) Airy.	1842	$x+22y=+3,96$	$+2,72$	$-1,24$
13) Bessel.	1844	$x+24y=+3,81$	$+3,79$	$-1,02$.

Comme il est difficile de fixer les poids relatifs de ces équations, je les prends toutes pour également précises. Elles donnent ainsi les deux équations finales:

$$13x+\ \ 68y=+\ 27'',11$$
$$68x+6426y=+\ 370,01\ ;$$

qui offrent $x=+1'',89$ et $y=+0'',03759$.

Les erreurs restantes, dans la dernière colonne, mènent à l'erreur probable d'une déclinaison isolée $=0'',54$, qui n'est sûrement pas trop forte, surtout parce qu'une partie en doit tomber encore sur les éléments de réduction employés, pour la plûpart de ces observations, selon les *Tabulae Regiomontanae*, dans lesquelles l'aberration et la nutation sont trop faibles de $0'',20$ et de $0'',25$.

2. SIRIUS.

Pour cette étoile, Bessel a pris une voie analogue, en choisissant pour base non pas les ascensions droites absolues de l'étoile, dans les différents catalogues, mais celles qui sont relatives aux trois étoiles fondamentales β, α Orionis et Procyon, qui ne diffèrent du passage de Sirius que de $-1,5$, $-0,9$ et $+0,9$ heure. C'est ainsi qu'il a indubitablement éliminé de sa recherche les incertitudes dans la position du point équinoxial des catalogues. Remarquons cependant que la moyenne des déclinaisons des trois étoiles de com-

paraison est $+1^{\circ}32'$, celle de Sirius $-16^{\circ}28'$, entre lesquelles il y a une différence de 18°.

En soumettant maintenant au calcul les 15 corrections des *Tabulae Reg.* trouvées par Bessel, nous parvenons aux équations que voici, dans lesquelles x signifie la correction moyenne des tables, pour 1755, et y la correction du mouvement propre supposé par Bessel.

				Calcul.	Cal.—obs.
1) Bradley.	1755	x	$= 0^{s},000$	$-0^{s},113$	$-0^{s},013$
2) Maskelyne.	1767	$x+12y$	$=-0,079$	$-0,079$	$0,000$
3) Piazzi.	1800	$x+45y$	$=+0,033$	$+0,015$	$-0,018$
4) Maskelyne.	1806	$x+51y$	$=+0,016$	$+0,032$	$+0,016$
5) Bessel.	1815	$x+60y$	$=-0,036$	$+0,058$	$+0,094$
6) Pond.	1819	$x+64y$	$=-0,083$	$+0,069$	$+0,152$
7) Bessel.	1825	$x+70y$	$= 0,000$	$+0,086$	$+0,086$
8) Struve.	1825	$x+70y$	$=-0,006$	$+0,086$	$+0,092$
9) Argelander.	1830	$x+75y$	$=-0,003$	$+0,101$	$+0,104$
10) Airy.	1830	$x+75y$	$=+0,049$	$+0,101$	$+0,052$
11) Pond.	1832	$x+77y$	$=+0,084$	$+0,106$	$+0,022$
12) Busch.	1835	$x+80y$	$=+0,188$	$+0,115$	$-0,073$
13) Airy.	1838	$x+83y$	$=+0,218$	$+0,123$	$-0,095$
14) Airy.	1842	$x+87y$	$=+0,264$	$+0,135$	$-0,129$
15) Bessel.	1843	$x+88y$	$=+0,321$	$+0,138$	$-0,183$.

En attribuant encore des poids égaux à ces équations primitives, nous parvenons aux équations finales :

$$15x + 935y = + 0^{s},966$$
$$935x + 67751y = + 87,181 ;$$

d'où l'on tire

$$x = -0^{s},113 , \quad y = + 0^{s},002848.$$

L'erreur probable d'une équation isolée se trouve ici $0^{s},070$. Quoique cette valeur ne soit pas exorbitante, la marche régulière des erreurs restantes, données dans la dernière colonne, présente quelque chose de si remarquable, qu'il paraît difficile de ne pas souscrire à l'opinion de Bessel d'une anomalie dans le mouvement propre de Sirius.

Si l'irrégularité du mouvement de Sirius est réelle, cette découverte serait, sans doute, une des plus imposantes, qui eussent été jamais faites dans l'astronomie stellaire, une des plus belles dont la science fût redevable au grand astronome de Koenigsberg.

Il m'a cependant paru permis de douter encore de cette réalité, jusqu'à ce qu'elle serait constatée par une recherche encore plus concluante. Pour l'amener, j'ai cru devoir employer des différences en ascension droite entre Sirius et d'autres étoiles de la même constellation du Grand Chien. J'ai donc choisi les 7 étoiles de comparaison que voici :

		Gr.	Asc. dr.	Décl.	
β Canis maj.		2	$6^h 15',7$	$-17° 53'$	
ν'	«	6.7	29,3	18 32	
ν''	«	5	29,7	19 8	
θ	«	4 5	46,7	11 50	
μ	«	5	48,8	13 51	
ι	«	4.5	49,0	16 51	
γ	«	4.5	56,5	15 24	
	Moyenne		$6^h 39',4$	$-16° 12'$	pour 1840.
	Pour Sirius,		6 38,1	-16 30	«
	Différence		$+ 1',3$	$+ 18'$.	

Ces étoiles ont été déterminées par Bradley et par Piazzi, et il faut que la moyenne des différences en ascension droite, entre ces étoiles et Sirius, dans les catalogues de 1755 et 1800, soient exemptes d'erreurs constantes, parce qu'il est à présumer, qu'elles ont été presque toujours directement comparées à Sirius, la seule étoile fondamentale proche en asc. dr. et décl. Voilà donc déjà deux relations entre Sirius et ces étoiles. Une troisième se trouve pour 1829. Deux des étoiles ν' et μ ont été observées à Dorpat, les 5 autres à Greenwich. Enfin la quatrième relation devait être celle de 1847, basée sur une nouvelle série d'observations.

J'avais engagé M. G. de Fuss de se charger du travail entier, non seulement d'observation, mais aussi de réduction, et ce savant a exécuté, en Fév. et Mars 1847, avec cette précision qui distingue ses observations, une série complète de comparaisons entre Sirius et les 7 étoiles, à l'aide de notre grande lunette méri-

dienne d'Ertel, employée dans les deux positions de l'instrument. Puis il a tiré, des journaux d'observations de Greenwich, depuis 1827 à 1832, tous les passages où une ou plusieurs des 7 étoiles ont été comparées directement avec Sirius. M. de Fuss ayant présenté à l'Académie un mémoire détaillé de son travail, qui sera publié le plus tôt possible, il suffit de donner ici les résultats des quatre relations moyennes entre Sirius et les 7 étoiles, qu'il a exprimés de la manière suivante.

Le mouvement propre en ascension droite de Sirius, relativement aux 7 étoiles de comparaison, est:

pour l'intervalle	depuis	1755,0	à	1847,2	$= -2^s,987$	en temps,
«	«	1800,0	à	1847,2	$= -1,543$	«
«	«	1829,0	à	1847,2	$= -0,510$	« .

Soit maintenant x la correction de la relation observée en 1847,2, y le mouvement propre de Sirius, relatif aux 7 étoiles, et nous avons les quatre équations de condition:

		Calcul.	Calc.—obs.
$x + 92,2y$	$= -2^s,987$	$-2^s,990$	$-0^s,003$
$x + 47,2y$	$= -1,543$	$-1,516$	$+0,027$
$x + 18,2y$	$= -0,510$	$-0,565$	$-0,055$
x	$= 0,000$	$+0,031$	$+0,031$.

En traitant ces équations d'après la méthode des moindres carrés, on obtient

$$x = +0^s,031, \qquad y = -0^s,032768.$$

Les erreurs qui restent dans les équations, sont $-0^s,003$, $+0^s,027$ $-0^s,055$, $+0^s,031$. Elles donnent l'erreur probable d'une relation isolée $= 0^s,0324$, ou tellement petite qu'on peut prétendre, que les relations observées des années 1755, 1800, 1829 et 1847 ne présentent pas la moindre trace d'une irrégularité dans le mouvement propre de Sirius. L'écart le plus sensible est pour 1829, et s'élève à $0^s,055$. Cette relation repose sur esl observations de Pond, dans lesquelles la lunette méridienne n'a pas été renversée depuis 1827 à 1832. On est même tenté de soupçonner, dans l'écart tant soit peu plus fort pour 1829, une petite imperfection optique de l'instrument, qui a dû agir, si elle existait, d'une

manière plus forte sur l'étoile brillante Sirius, que sur les autres étoiles comparativement faibles.

Mais comment expliquer les irrégularités assez considérables de l'ascension droite de Sirius, qu'a indiquées Bessel, et qui n'ont pas été confirmées par notre recherche, beaucoup plus décisive, à ce que je crois? Serait-ce, que dans quelques uns des instruments, il y a eu un défaut dans la forme des tourillons, qui, pour la différence de 18° en déclinaison, a dû agir sur les relations en asc. dr., comme une erreur de division agit sur les déclinaisons. Peut-être aussi que les défauts de l'aberration et de la nutation employées y ont contribué. Enfin il peut exister, pour quelques astronomes, une équation personnelle, qui les fait observer les passages d'une étoile très brillante un peu autrement, soit plus tard, soit plus tôt, que ceux d'une étoile beaucoup plus faible.

TABLE DES MATIÈRES.

page

ECHERCHES SUR LA DISTRIBUTION DES ÉTOILES DANS L'ESPACE ET SUR LA VOIE LACTÉE . . . . . 1 — 93

Histoire . . . . . 1 — 50

1. Notices générales. Les Anciens. Copernic. Galilée. . . . 1
2. Spéculations de Keppler 3
3. Huyghens 7
4. Système de Kant 8
5. Système de Lambert 11
6. Recherches de Michell 18
7. Rapport entre Herschel et ses prédécesseurs 21
8. Travaux de W. Herschel. Coup d'oeil général 23
9. Herschel. Système de la voie lactée, de 1785 24
10. Herschel. Critique du système de 1785, basée sur l'étude des mémoires postérieurs 29
11. Développement successif des vues de Herschel, sur la voie lactée et les autres parties de l'astronomie stellaire, depuis 1785 jusqu'en 1818 35
12. Progrès de l'astronomie stellaire depuis W. Herschel jusqu'à l'époque actuelle 44

Recherches sur la voie lactée, données dans l'introduction du Catalogus Regiomontanus . . . . . 50 — 66

Recherches ultérieures sur la voie lactée . 67 — 93

JR LES DISTANCES DES ÉTOILES FIXES D'APRÈS LES RECHERCHES DE M. C. A. F. PETERS . . . . . 94 — 108

NOTES.

ERRATUM.

Page 6 du texte, ligne 4, *au lieu de* $\frac{1}{55555}$, *lisez* $\frac{1}{5555}$.

HS

NOV 2 7 1934